مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۵/ شماره ۱/ پیاپی ۴۰/ بهار ۱۴۰۰ (۸۷-۹۵)

مقاله پژوهشی

تعیین برنامهٔ مناسب آبیاری گیاهان عمدهٔ زراعی و باغی در شبکهٔ سنتی آبیاری دشت هنام لرستان

مهدی پناهی[۱*]، سینا ملاح[۲]، سعید غالبی[۳] و محمدرضا امداد[۴]

چکیده

برای برآورد دور و عمق آبیاری گیاهان عمدهٔ الگوی کشت منطقهٔ هنام از حوضهٔ کرخه به مساحت ۹۱۳/۸ هکتار، این منطقه در نرم‌افزار ArcGIS به ۱۹ واحد هم‌آب با منبع آبی مشترک، تقسیم‌بندی شد. داده‌های هواشناسی ایستگاه الشتر با دورهٔ آماری ۱۵ساله (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳) اخذ و محاسبات لازم برای تعیین تبخیرتعرق سطح مرجع بر اساس روش پنمن- مانتیث انجام شد؛ سپس با لحاظ ضرایب گیاهی پیشنهادی فائو در نشریهٔ ۵۶، تبخیرتعرق هر یک از گیاهان الگوی کشت تعیین و در نهایت، نیاز آبیاری خالص گیاهان به‌صورت ماهانه و برای کل دورهٔ رشد محاسبه شد. نیاز آبی گندم برای دورهٔ رشد در منطقهٔ هنام، برابر ۳۱۸/۱ میلی‌متر، میانگین عمق آب آبیاری گندم برای تمامی واحدهای هم‌آب در منطقهٔ هنام، ۶۰/۸ میلی‌متر و میانگین دور آبیاری در خردادماه، ۱۱ روز محاسبه شد. همچنین، نیاز آبی کل دورهٔ رشد برای چغندرقند، باغات مخلوط و یونجه به‌ترتیب، ۸۴۲/۳، ۹۹۳/۴ و ۱۱۹۰/۷ میلی‌متر، میانگین عمق و دور آبیاری در ماه حداکثر مصرف برای گیاهان چغندرقند، باغات مخلوط (گردو، سیب) و یونجه به‌ترتیب، ۵۵/۸ میلی‌متر و ۸ روز در تیرماه، ۸۱/۴ میلی‌متر و ۱۱ روز در مردادماه و ۷۳/۶ میلی‌متر و ۸ روز در تیرماه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: دور آبیاری، شبکهٔ آبیاری، عمق آبیاری، واحدهای هم‌آب.

ارجاع: پناهی م. ملاح س. غالبی س. و امداد م. ۱۴۰۰. تعیین برنامهٔ مناسب آبیاری گیاهان عمدهٔ زراعی و باغی در شبکهٔ سنتی آبیاری دشت هنام لرستان. مجله پژوهش آب ایران. ۴۰: ۸۷-۹۵.

۱- استادیار بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
۲- محقق، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- مربی پژوهش بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴- استادیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
***نویسنده مسئول**: **panahimehdi@yahoo.com**
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

مقدمه

تعیین برنامهٔ مناسب آبیاری، که شامل دور و عمق آبیاری است، یکی از موارد مدیریتی در مصرف آب کشاورزی در شبکه‌های آبیاری به شمار می‌آید. بسیاری از دشت‌های کشاورزی کشور تحت شبکهٔ آبیاری سنتی قرار گرفته است و برخلاف شبکه‌های آبیاری مدرن، الگوی مصرف پیچیده‌تری دارد. حسین‌زاد و همکاران (۱۳۹۲) همسو با مشخص‌کردن زمینه‌ها و سازوکارهای مدیریت آب کشاورزی در دشت تبریز، ابتدا مشکلات و عوامل مؤثر در مدیریت منابع آب و سپس شاخص‌های مدیریت آب را شناسایی کردند. در زمینهٔ مصرف در سطح مزرعه، سه مشکل استفاده از روش‌های آبیاری سنتی، قطعه‌قطعه بودن اراضی و شور بودن آب آبیاری به‌عنوان اولویت‌های اول تا سوم قرار گرفتند. بهمنش و همکاران (۲۰۱۴)، بررسی اثر سطح احتمال تبخیر و تعرق از سطح گیاه مرجع چمن (ET_0) و تبخیر و تعرق واقعی (ET_C) گیاهان الگوی کشت، شامل گندم، سیب و سبزی‌های ریز را بر هیدرومدول آبیاری در ارومیه بررسی کردند. مقدار تبخیر و تعرق الگوی کشت به دو روش سطح احتمال ۵۰ درصد برای کل محصولات زراعی، سطح احتمال ۵۰ درصد برای گندم، ۷۵ درصد برای سیب و ۹۰ درصد برای سبزی‌ها محاسبه شد و نتایج نشان داد در سطح احتمال مورد بررسی، در فواصل آبیاری ۵ و ۷ روز با روش پنمن-مانتیث فائو، هیدرومدول آبیاری ۱/۷ و ۲/۳ لیتر بر ثانیه بر هکتار برآورد شد. ولی‌پور (۲۰۱۲)، نتایج پژوهشی در زمینهٔ تعیین هیدرومدول آبیاری برای روستای وانائی اسلام‌آباد غرب استان کرمانشاه را منتشر کرد. در بسیاری از روستاهای این منطقه به‌علت نبود آگاهی از آب لازم، گیاهان زراعی در معرض تنش آبی قرار دارند. در بعضی روستاها نیز به‌علت راندمان کم آبیاری، تلفات آب زیاد است. در این مطالعه، پس از اطلاع از الگوی کشت در روستای وانایی اسلام‌آباد غرب در ایران، با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT 8.0 FAO، هیدرومدول آبیاری برای این روستا تعیین و سرانجام، نتایج با نرم‌افزار AGWAT 1.0 مقایسه شد. در بین محصولات زراعی کشت‌شده در این روستا، چغندرقند بیشترین میزان نیاز خالص آبیاری را داشت. الگوی کشت منطقهٔ نخود (۲۷ درصد)، چغندرقند (۱۸ درصد)، گندم (۵۱ درصد) و ذرت (۴ درصد) به دست آمد که برای این الگوی کشت، عمق خالص آبیاری به‌ترتیب، ۸۰، ۶۴، ۸۰ و ۸۰ میلی‌متر و بیشترین تبخیر و تعرق روزانه در ماه اوج به‌ترتیب، ۳/۲، ۴/۱، ۳/۴ و ۱/۱ میلی‌متر در روز و مدت‌زمان آبیاری و راندمان آبیاری برای تمام گیاهان الگوی کشت به‌ترتیب، ۲۴ (ساعت) و ۵۰ (درصد) در نظر گرفته شد.

کیجنه و همکاران (۲۰۰۳)، فعالیت‌های مرتبط با بهره‌وری آب (WP) را از زمان معرفی این مفهوم بررسی و بازبینی کردند و راهکارهایی را برای افزایش WP با بهبود مدیریت منابع آب در سطوح گیاه، مزرعه و حوزه آبریز ارائه دادند. برخی از شیوه‌ها و گزینه‌هایی که می‌تواند در این زمینه به کار گرفته شود، عبارت است از: افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی و شوری با به‌کارگیری شیوه‌های اصلاح نژاد گیاهان در سطح گیاه، افزایش تابع تولید، کاربرد کم‌آبیاری، تصحیح تاریخ کاشت و شخم برای کاهش تبخیرتعرق و افزایش نفوذ آب در خاک در سطح مزرعه. در سطح حوضه نیز استفادهٔ مجدد از آب و بهبود الگوی کشت برای به حداکثر رساندن محصول و به حداقل رساندن تبخیرتعرق گیاهی از راهکارهای افزایش بهره‌وری است.

سعادتی و همکاران (۱۳۹۶)، تأثیر تنش آبی روی خصوصیات کمّی و کیفی چغندرقند در منطقهٔ الشتر واقع در استان لرستان را در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ با ۶ تیمار آبیاری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی کردند. نتایج نشان داد اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر صفات شاخص سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن تر و وزن خشک غده، عملکرد و بیوماس در سطح احتمال ۱ درصد و بر صفت وزن خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین، نتایج نشان داد در سال ۱۳۹۳، حذف آبیاری آخر، موجب افزایش معنی‌دار عیار قند شده است. سعادتی و همکاران (۱۳۹۷)، مدل AquaCrop را در منطقهٔ هنام به کار بردند و نشان دادند مهندسان آبیاری و کشاورزان می‌توانند این مدل را برای بهبود مدیریت آب در کشت چغندرقند به‌عنوان ابزاری پشتیبانی در تصمیم‌گیری استفاده کنند.

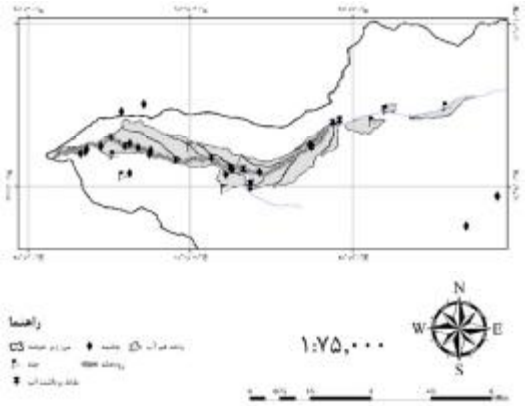
نخجوانی و همکاران (۱۳۹۵)، در آزمایشی در منطقهٔ هنام لرستان برای ارائهٔ سناریوهای برتر مدیریتی برای افزایش بهره‌وری آب برای گندم دیم رقم آذر ۲ از مدل AquaCrop استفاده کردند. نتایج نشان داد تاریخ کاشت مناسب گندم دیم در منطقهٔ هنام بین ۶ تا ۱۰ آبان‌ماه

است. نتایج شبیه‌سازی مدل نشان داد با تغییر تاریخ کاشت از اول به دهم آبان، عملکرد دانه، بیوماس و شاخص بهره‌وری آب مصرفی شبیه‌سازی‌شدهٔ گندم به‌طور میانگین به میزان ۶، ۷ و ۱۱ درصد افزایش پیدا کرد. همچنین، براساس سناریوهای خروجی مدل در منطقهٔ هنام، مناسب‌ترین عمق، ۵۰ میلی‌متر و زمان تک آبیاری بهاره میانهٔ دورهٔ گل‌دهی مشخص شد. امداد (۱۳۹۷) مشخص کرد در زیرحوضهٔ هنام، تعداد چهار چشمهٔ اصلی و یازده چشمهٔ فرعی، پنج حلقهٔ چاه فعال با دبی حدود ۸ تا ۲۰ لیتر بر ثانیه، چهار کانال اصلی و دوازده کانال فرعی وجود دارد. متوسط سالیانهٔ کل حجم آب خروجی از کانال‌های اصلی هنام (سراب هنام) حدود ۹/۸ میلیون مترمکعب برآورد شد. همچنین، کیفیت آب منطقه ازنظر محدودیت شوری در ردهٔ بدون محدودیت برای کشت انواع گیاهان تشخیص داده شد. غالبی و همکاران (۱۳۹۸)، چگونگی تخصیص، مدیریت مصرف و بهره‌وری از منابع آب را در دشت هنام مطالعه کردند. با توجه به سطح کل اراضی دشت هنام (۹۱۳/۸ هکتار) و دبی جریان منابع آب (۱۱۵۰/۱ لیتر بر ثانیه)، میانگین هیدرومدول آب آبیاری برای این اراضی، ۱/۲۶ لیتر بر ثانیه بر هکتار برآورد شد. با استفاده از داده‌های برآوردشدهٔ هیدرومدول آبیاری در شرایط موجود بهره‌برداری و نیاز آبی، واحدهای ۱، ۲، ۴، ۵،۶، ۷، ۸، ۹، ۱۳، ۱۵ و ۱۷ (به مساحت ۳۶۹/۰۷ هکتار معادل ۴۰/۴۸ درصد کل اراضی) در گروه بیش بود و واحدهای ۳، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸ و ۱۹ (به مساحت ۵۴۴/۱ هکتار معادل ۵۹/۵۲ درصد کل اراضی) در گروه کمبود آب تشخیص داده شد. هدف این مطالعه، تعیین برنامهٔ دور و عمق آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت هنام لرستان در یکی از زیرحوضه‌های رودخانهٔ کرخه همسو با مصرف بهینهٔ آب در بخش کشاورزی این زیرحوضه است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دشت هنام در منطقهٔ الشتر واقع در استان لرستان با عرض جغرافیایی ۴۹° ۳۳ شمالی، طول جغرافیایی ۱۵° ۴۸ شرقی و ارتفاع ۱۵۶۷ متر از سطح دریا انجام شد. شکل ۱، موقعیت دشت هنام را نشان می‌دهد.

نقشهٔ کاربری قطعات زراعی و باغی در اراضی آبی به روش‌های پیمایش میدانی و با تلفیق تصاویر ماهواره‌ای به تفکیک هر کانال آب، نوع کشت و چگونگی پراکندگی آن تهیه شد. در گام بعدی، تعداد ۱۹ واحد همگن آبی برای زیرحوضهٔ هنام تعیین شد (پناهی و همکاران، ۱۳۹۹). موقعیت مکانی این واحدهای همگن آبی در شکل ۲، به‌ترتیب از ۱ تا ۱۹ با نقاط آبگیری زیرطاق، عادل‌آباد، شیرآباد، چاه محمدرضا رحمتی، کانال ۲، چشمه کل دولتشاهی، کانال ۴، کتال سیاه، کرد امیری، چهارتختهٔ ۲، چاه بدالله صارمی، چاه یزدان احدی و چشمهٔ خسروآب، چهار تخته ۱، چاه عزیز صنعت زاده، علی‌آباد و کمره، کانال ۱ و ۳، سیاه سیاه و چشمهٔ چراغعلی فر، کانال ۱ و ۳ و چال غازی نشان داده شده است. اراضی تحت پوشش این ۱۹ واحد هم‌آب، ۹۱۳/۸ هکتار بود. بزرگ‌ترین مساحت مربوط به آبگیر چال غازی (واحد ۱۹) به مساحت ۱۳۶/۹ هکتار (۱۵ درصد اراضی) با دبی قابل دسترس به میزان ۵۳/۷ لیتر بر ثانیه است. الگو و درصد کشت گیاهان در دشت هنام، شامل گندم ۴۲، شبدر ۱۲، باغات ۴، چغندرقند ۴/۵، جو ۷/۳ و یونجه ۵/۴ درصد بود (غالبی و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقهٔ هنام

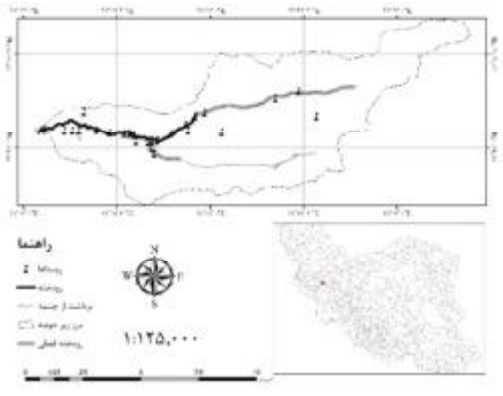
برای تعیین دور آبیاری گیاهان الگوی کشت از معادلهٔ (۱) استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۵).

$$F_{max} = \frac{d_n}{ETc} \qquad (۱)$$

که در آن، Fmax، دور آبیاری گیاه برحسب روز؛ ETc، تبخیرتعرق روزانهٔ گیاهان برحسب میلی‌متر در روز و dn، عمق خالص آب آبیاری برحسب میلی‌متر است و از رابطهٔ ذیل به دست می‌آید:

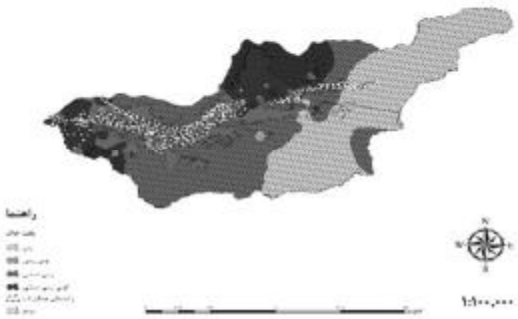
$$dn = [(\frac{\theta fc-\theta pwp}{100}) \times \rho b] \times D \times MAD \qquad (۲)$$

در این معادله، dn عمق خالص آب آبیاری یا عمق آب ذخیره‌شدنی در ناحیهٔ ریشهٔ گیاه (میلی‌متر)، q_{fc} رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)، q_{pwp} رطوبت موجود در خاک در شرایط نقطهٔ پژمردگی دائم (درصد وزنی)، r_b چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق مؤثر ریشه (میلی‌متر) و MAD درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی است. حداکثر عمق مؤثر توسعهٔ ریشه برای گیاهان الگوی کشت گندم، یونجه، چغندرقند و گردو به‌ترتیب، ۶۰، ۱۰۰، ۷۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر و عامل مدیریتی درصد تخلیهٔ مجاز آنها به‌ترتیب، ۰/۵۵، ۰/۵۵، ۰/۵۵ و ۰/۵ است که به‌عنوان دو عامل بسیار مهم در تعیین عمق آب آبیاری از فائو ۵۶ (آلن و همکاران، ۲۰۰۶) منظور شد. برای بهنگام‌سازی مقادیر تبخیرتعرق و با در نظر گرفتن الگوهای کشت، داده‌های هواشناسی ایستگاه الشتر با دورهٔ آماری ۱۵ساله (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳) اخذ و محاسبات لازم برای تعیین تبخیرتعرق سطح مرجع (ETo) بر اساس مدل پنمن-مانتیث با نرم‌افزار ETo Calculator انجام شد. طول دورهٔ رشد گیاهان الگوی کشت با استفاده از تکمیل پرسش‌نامه مشخص؛ سپس با لحاظ‌کردن ضرایب گیاهی (Kc) پیشنهادی فائو، تبخیرتعرق گیاه (ETc) تعیین شد. بارندگی مؤثر، که با روش فائو (آلن و همکاران، ۲۰۰۶) محاسبه شد، از ETc کسر و درنهایت، نیاز آبیاری خالص گیاهان ۱ به‌صورت ده‌روزه، ماهانه و کل دورهٔ رشد محاسبه شد.



شکل ۲- موقعیت واحدهای هم‌آب تفکیک‌شده در منطقهٔ هنام

ویژگی‌های فیزیکی خاک، شامل بافت خاک با روش هیدرومتری، رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه‌ای و نقطهٔ پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک در عمق‌های مختلف با نمونه‌برداری و انجام‌دادن تجزیه‌های لازم در آزمایشگاه خاک‌شناسی مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب از داده‌های مطالعات خاک‌شناسی (افتخاری و همکاران، ۱۳۹۸) تعیین شد. حداکثر، حداقل و میانگین رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای به‌ترتیب، ۳۵/۲، ۱۸/۳ و ۲۶/۵ درصد حجمی؛ حداکثر، حداقل و میانگین رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم به‌ترتیب، ۱۸/۲، ۱۵/۳ و ۱۶/۵ درصد حجمی و حداکثر، حداقل و میانگین آب قابل استفادهٔ خاک نیز به‌ترتیب، ۳۵/۲، ۱۸/۳ و ۲۶/۵ میلی‌متر در متر عمق خاک تعیین شد. بافت غالب در خاک‌های منطقه از نوع لومی رسی سیلتی و رسی بود. شکل ۳، پراکنش بافت خاک را در دشت هنام نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشهٔ بافت خاک در واحدهای هم‌آب در منطقهٔ هنام

برای محاسبهٔ عمق آبیاری و دور آبیاری در هر ماه برای هر یک از گیاهان در واحدهای هم‌آب، نرم‌افزار Excel به کار رفت. برای بررسی تغییرات عمق آبیاری بین واحدهای هم‌آب از معادلهٔ (۳) استفاده شد:

$$C.V = \frac{\sigma}{\mu} \qquad (۳)$$

در این معادله، σ انحراف معیار و μ میانگین نمونه‌هاست.

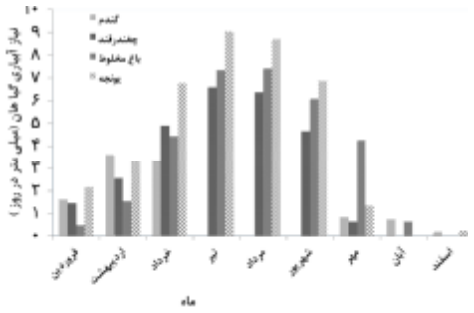
نتایج و بحث

نیاز آبیاری

برای زیرحوضهٔ هنام، تبخیرتعرق ماهانهٔ گیاهان برای هر یک از گیاهان الگوی کشت محاسبه و بارندگی مؤثر در همان ماه از آن کسر و نیاز آبیاری خالص هر گیاه تعیین و در جدول ۱ آورده شده است.

همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، نیاز آبیاری خالص گندم پاییزه در زیرحوضهٔ هنام، برابر ۳۱۸/۱ میلی‌متر محاسبه شد. بیشترین مقدار نیاز آبیاری خالص

برای گندم در اردیبهشت‌ماه، ۱۱۲ و حداقل آن در اسفندماه، ۵/۷ میلی‌متر بود. برای چغندرقند نیاز آبیاری سالانه ۸۴۲/۳ میلی‌متر و حداکثر و حداقل ماهانه به‌ترتیب، ۲۰۴/۴ و ۱۹ میلی‌متر بود. برای باغ مخلوط، نیاز آبیاری سالانه ۹۹۳/۴، حداکثر و حداقل ماهانه به‌ترتیب، ۲۳۰/۱ و ۱۴/۸ میلی‌متر در ماه‌های مرداد و فروردین بود. برای یونجهٔ نیاز آبیاری سالانه ۱۱۹۰/۷، حداکثر و حداقل ماهانه به‌ترتیب، ۲۸۰/۴ و ۷ میلی‌متر در تیر و اسفندماه به دست آمد. در میان گیاهان الگوی کشت، بیشترین نیاز آبیاری مربوط به یونجه و پس از آن، باغ مخلوط و کمترین نیاز آبیاری مربوط به گندم با ۳۱۸/۱ میلی‌متر در طول فصل رشد بود. نیاز آبیاری خالص محاسبه‌شده به‌صورت ماهانه برای گیاهان الگوی کشت گندم، چغندرقند، باغ مخلوط و یونجه برحسب میلی‌متر در روز در شکل ۴ آورده شده است.



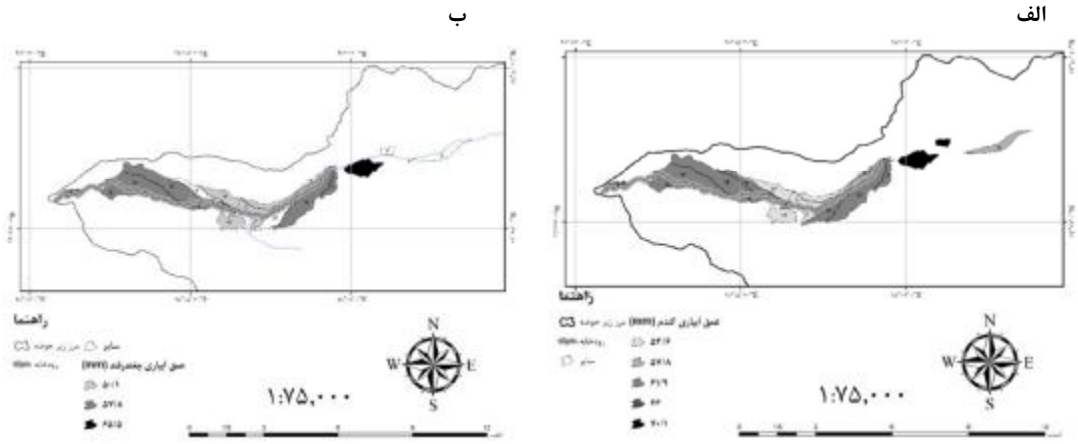
شکل ۴- نیاز آبیاری ماهانه برای محصولات الگوی کشت دشت هنام (میلی‌متر در روز)

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، حداکثر نیاز آبیاری ماهانهٔ گیاهان مربوط به یونجه در تیرماه با ۹ میلی‌متر در روز و حداقل آن ۰/۲ میلی‌متر در روز مربوط به اسفندماه برای یونجه به دست آمد. عمق آبیاری خالص به‌صورت جداگانه برای گیاهان گندم و چغندرقند در واحدهای هم‌آب مختلف با استفاده از معادلهٔ (۲) محاسبه و به‌ترتیب در شکل‌های ۵ (الف) و ۵ (ب) آورده شده است.

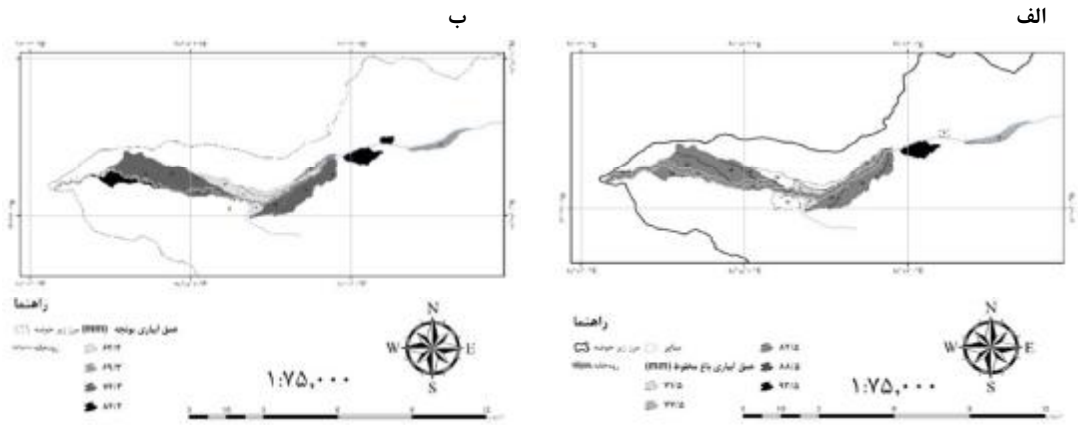
شکل ۵ (الف)، پهنه‌بندی عمق آبیاری خالص محاسبه‌شده برای گیاه گندم را در واحدهای هم‌آب نشان می‌دهد. میانگین عمق آبیاری خالص در میان واحدهای هم‌آب برای گندم، برابر ۶۰/۸ میلی‌متر محاسبه شد. این برآورد با نتیجهٔ پژوهش امیدواری و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت زیادی دارد. آنها عمق آبیاری خالص را برای گندم در دشت سیلاخور لرستان در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد در یک خاک با بافت لوم سیلتی، ۷۳ میلی‌متر تعیین کردند. علت این انطباق، مشابهت بافت خاک و در نتیجه، ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در منطقهٔ دشت سیلاخور و منطقهٔ هنام است. حداکثر عمق آبیاری خالص برای واحدهای هم‌آب، ۴ و ۱۴ برابر ۷۰/۱ میلی‌متر و حداقل عمق آبیاری خالص، برابر ۵۳/۶ برای واحدهای هم‌آب ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ محاسبه شد. ضریب تغییرات عمق خالص آبیاری در واحدهای هم‌آب برای گندم، ۷/۶ درصد بود. شکل ۵ (ب)، پهنه‌بندی عمق آبیاری خالص محاسبه‌شده برای گیاه چغندرقند را در واحدهای هم‌آب نشان می‌دهد. میانگین عمق آبیاری خالص در میان واحدهای هم‌آب برای چغندرقند، برابر ۵۵/۸ میلی‌متر محاسبه شد. حداکثر عمق آبیاری خالص برای واحدهای هم‌آب در واحد ۱۴، برابر ۶۵/۵ میلی‌متر و حداقل عمق آبیاری خالص در میان واحدهای هم‌آب، برابر ۵۰/۱ برای واحدهای هم‌آب ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ برآورد شد. ضریب تغییرات عمق خالص آبیاری در واحدهای هم‌آب برای چغندرقند، ۸/۶ درصد بود. این مقدار ضریب تغییرات، کمتر از ۱۰ درصد و پذیرفتنی است. عمق آبیاری خالص به‌صورت جداگانه برای گیاهان باغی و یونجه در شکل‌های ۶ (الف) و ۶ (ب) آورده شده است.

شکل ۶ (الف)، پهنه‌بندی عمق آبیاری خالص محاسبه‌شده برای باغات مخلوط را در واحدهای هم‌آب نشان می‌دهد. میانگین عمق آبیاری خالص در میان واحدهای هم‌آب برای گیاهان باغی، برابر ۸۱/۴ میلی‌متر محاسبه شد. لیائو و همکاران (۲۰۱۹)، در یک خاک با بافت لومی، که خاکی با بافت متوسط است، برای درختان گیلاس با عمق مؤثر ریشهٔ ۶۰ سانتی‌متر، عمق آب آبیاری را ۷۰ میلی‌متر منظور کردند. نتایج پژوهش آنها با نتایج این پژوهش، که خاکی با بافت سنگین‌تر و درختانی با عمق ریشهٔ بیشتر داشت، مطابقت نسبتاً خوبی دارد. حداکثر عمق آبیاری خالص برای واحدهای هم‌آب در واحد ۱۴، برابر ۹۳/۵ میلی‌متر و حداقل عمق آبیاری خالص در واحدهای ۶ و ۱۰، برابر ۷۱/۵ میلی‌متر محاسبه شد. ضریب تغییرات عمق خالص آبیاری در واحدهای هم‌آب برای باغات مخلوط، ۶/۹ درصد بود. شکل ۶ (ب)، پهنه‌بندی عمق آبیاری محاسبه‌شده برای گیاه یونجه را در واحدهای

هم‌آب نشان می‌دهد. میانگین عمق آبیاری خالص در میان واحدهای هم‌آب برای یونجه، برابر ۷۳/۶ میلی‌متر محاسبه شد. ایرماک و همکاران (۲۰۰۷)، در روش آبیاری سطحی، به‌طور متوسط، عمق آب آبیاری را برای یونجه در خاک‌های مختلف، ۷۵ میلی‌متر توصیه کردند. حداکثر عمق آبیاری خالص برای واحدهای هم‌آب در واحدهای ۴ و ۱۴، برابر ۸۴/۲ میلی‌متر و حداقل عمق آبیاری خالص در میان واحدهای هم‌آب، برابر ۶۴/۴ برای واحدهای هم‌آب ۶، ۱۰ و ۱۶ برآورد شد. ضریب تغییرات عمق خالص آبیاری در واحدهای هم‌آب برای یونجه، ۹/۱۲ درصد بود.



شکل ۵- عمق آبیاری خالص در هر یک از واحدهای هم‌آب برای گندم (الف) و برای گیاه چغندرقند (ب) (میلی‌متر)



شکل ۶- عمق آبیاری خالص در هر یک از واحدهای هم‌آب برای گیاهان باغی (الف) و برای گیاه یونجه (ب) (میلی‌متر)

جدول ۱- نیاز آبیاری ماهانه برای گیاهان الگوی کشت در زیرحوضهٔ هنام (میلی‌متر در ماه)

محصول	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	اسفند	سالانه
گندم	۵۰/۲	۱۱۲	۱۰۳	-	-	-	۲۴/۷	۲۲/۴	۵/۷	۳۱۸/۱
چغندرقند	۴۵/۴	۷۹/۲	۱۵۲/۳	۲۰۴/۴	۱۹۷/۶	۱۴۴/۴	۱۹	-	-	۸۴۲/۳
باغ مخلوط	۱۴/۸	۴۸	۱۳۷/۷	۲۲۷/۸	۲۳۰/۱	۱۸۸/۳	۱۲۷/۵	۱۹/۳	-	۹۹۳/۴
یونجه	۶۷	۱۰۲/۱	۲۱۰/۲	۲۸۰/۴	۲۷۰/۲	۲۱۳/۳	۴۰/۳	-	۷	۱۱۹۰/۷

دور آبیاری

دور آبیاری برای گندم با استفاده از معادلهٔ (۱) برای ماه‌های فصل رشد محاسبه شد. به‌علت وجود بارندگی مطلوب در پاییز و زمستان و فروردین‌ماه از فصل بهار، نیاز آبی گیاه با بارندگی تأمین می‌شود؛ بنابراین، به انجام‌دادن عملیات آبیاری نیازی نخواهد بود. فقط در اردیبهشت و

خرداد از فصل بهار، انجام‌دادن آبیاری ضرورت خواهد داشت. نتایج محاسبهٔ دور آبیاری در این دو ماه برای گندم در هر یک از واحدهای نوزده‌گانهٔ زیرحوضهٔ هنام که در آنها گندم کشت می‌شود، در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- دور آبیاری گندم در واحدهای هم آب مختلف زیرحوضهٔ هنام (روز)

ماه / واحد هم‌آب	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
اردیبهشت	۱۷	۱۸	۱۷	۱۹	۱۶	۱۴	۱۷	۱۷	۱۷	۱۴	۱۶	۱۴	۱۷	۱۹	۱۷	۱۴	۱۷	۱۷	۱۷
خرداد	۱۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۱	۱۰	۱۲	۱۲	۱۲	۱۰	۱۱	۱۰	۱۲	۱۳	۱۲	۱۰	۱۲	۱۲	۱۲

دور آبیاری گندم در اردیبهشت‌ماه به‌طور میانگین در میان همهٔ واحدهای هم‌آب، ۱۶ روز و در خردادماه، ۱۱ روز محاسبه شد. در خردادماه، که حداکثر نیاز آبی گندم در این ماه اتفاق می‌افتد، حداکثر دور آبیاری برای گندم، ۱۳ روز در واحدهای هم‌آب ۴ و ۱۴ و حداقل دور آبیاری، ۱۰ روز در واحدهای هم‌آب ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ بود. نتایج محاسبهٔ دور آبیاری ۵ ماههٔ دورهٔ رشد برای چغندرقند در هر یک از واحدهایی که کشت این گیاه انجام می‌شود، در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- دور آبیاری چغندرقند در واحدهای هم‌آب مختلف زیرحوضهٔ هنام (روز)

واحد هم‌آب / ماه	۱	۶	۷	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
اردیبهشت	۲۲	۱۹	۲۲	۲۲	۱۹	۱۹	۲۵	۲۳	۱۹	۲۲	۲۲	۲۲
خرداد	۱۱	۱۰	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۳	۱۲	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
تیر	۸	۷	۸	۸	۷	۷	۹	۹	۷	۸	۸	۸
مرداد	۹	۷	۹	۹	۷	۷	۱۰	۹	۷	۹	۹	۹
شهریور	۱۲	۱۰	۱۲	۱۲	۱۰	۱۰	۱۴	۱۲	۱۰	۱۲	۱۲	۱۲

دور آبیاری چغندرقند در واحدهای هم‌آب ۱، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ در زیرحوضهٔ هنام در هر یک از ماه‌های فصل رشد از اردیبهشت تا شهریورماه نشان داده شده است. دور آبیاری در اردیبهشت‌ماه، به‌طور میانگین در میان واحدهای هم‌آب مذکور، ۲۱ روز و در خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر به‌ترتیب، ۱۱، ۷، ۸ و ۱۱ روز محاسبه شد. در تیرماه، که حداکثر نیاز آبی چغندرقند در این ماه اتفاق می‌افتد، حداکثر دور آبیاری، ۹ روز در واحدهای هم‌آب ۱۴ و ۱۵ و حداقل دور آبیاری، ۷ روز در واحدهای هم‌آب ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ بود. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج حیدریان و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. آنها دور آبیاری را برای گیاه چغندرقند در منطقهٔ کردستان بین ۵ تا ۱۰ روز به دست آوردند. نتایج محاسبهٔ دور آبیاری برای گیاهان باغی در هر یک از واحدهایی که کشت این گیاهان انجام می‌شود، در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- دور آبیاری باغات مخلوط در واحدهای هم‌آب مختلف زیرحوضهٔ هنام (روز)

ماه / واحد هم‌آب	۱	۲	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۸	۱۹
خرداد	۱۸	۱۹	۱۷	۱۶	۱۸	۱۸	۱۸	۱۶	۱۷	۱۸	۲۱	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸
تیر	۱۱	۱۲	۱۰	۹	۱۱	۱۱	۱۱	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
مرداد	۱۱	۱۱	۱۰	۹	۱۱	۱۱	۱۱	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
شهریور	۱۳	۱۴	۱۲	۱۱	۱۳	۱۳	۱۳	۱۱	۱۲	۱۳	۱۵	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
مهر	۲۰	۲۱	۱۸	۱۷	۲۰	۲۰	۲۰	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

دور آبیاری گیاهان باغی در واحدهای هم‌آب ۱، ۲، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ در زیرحوضهٔ هنام نشان داده شده است. دور آبیاری در خردادماه به‌طور میانگین در میان همهٔ واحدهای هم‌آب، ۱۷ روز و در تیر، مرداد، شهریور و مهر به‌ترتیب، ۱۰، ۱۰، ۱۲ و ۱۹ روز محاسبه شد. جدول ۵، دور آبیاری برآورد شده را برای گیاه یونجه در ماه‌های مختلف برای هر یک از واحدهای هم‌آب نشان می‌دهد.

جدول ۵- دور آبیاری یونجه در واحدهای هم‌آب مختلف زیرحوضهٔ هنام (روز)

ماه / واحد هم‌آب	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
فروردین	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹
اردیبهشت	۲۵	۲۱	۱۹	۲۲	۲۲	۲۲	۱۹	۲۱	۲۲	۲۵	۲۵	۱۹	۲۲	۲۲	۲۲
خرداد	۱۲	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۱۲	۱۲	۹	۱۰	۱۰	۱۰
تیر	۹	۷	۷	۸	۸	۸	۷	۷	۸	۹	۹	۷	۸	۸	۸
مرداد	۹	۷	۷	۸	۸	۸	۷	۷	۸	۹	۹	۷	۸	۸	۸
شهریور	۱۲	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۱۲	۱۲	۹	۱۰	۱۰	۱۰

دور آبیاری یونجه در واحدهای هم‌آب ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ در زیرحوضهٔ هنام نشان داده شده است. دور آبیاری در فروردین‌ماه به‌طور میانگین در میان همهٔ واحدهای هم‌آب، ۲۹ روز و در اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور به‌ترتیب، ۲۱، ۱۰، ۷، ۷ و ۱۰ روز محاسبه شد.

نتیجه‌گیری

کاهش آب مصرفی در بخش کشاورزی با اصلاح روش آبیاری و به کار بردن دور و عمق مناسب آبیاری برای گیاهان الگوی کشت در منطقه موجب افزایش بهره‌وری آب می‌شود. بدین‌منظور با جمع‌آوری داده‌های لازم دربارهٔ ویژگی‌های فیزیکی خاک، الگوی کشت گیاهان زراعی و باغی منطقه برای ارائهٔ توصیه‌های لازم در زمینهٔ برنامه‌ریزی دور و عمق آبیاری در هر یک از واحدهای هم‌آب، موارد ذیل جمع‌بندی شد: الف) میانگین عمق آب آبیاری گندم برای تمامی واحدهای هم‌آب در منطقهٔ هنام، ۶۰/۸ میلی‌متر و میانگین دور آبیاری در خردادماه، ۱۱ روز محاسبه شد. همچنین، میانگین عمق و دور آبیاری در ماه حداکثر مصرف برای گیاهان چغندرقند، گیاهان باغی و یونجه به‌ترتیب، ۵۵/۸ میلی‌متر و ۸ روز در تیرماه، ۸۱/۴ میلی‌متر، ۱۱ روز در مردادماه و ۷۳/۶ میلی‌متر و ۸ روز در تیرماه بود. ب) حداکثر عمق آب آبیاری برای گندم، ۷۰/۱ میلی‌متر برای واحدهای ۴ و ۱۴ و حداقل عمق آبیاری، ۵۳/۶ میلی‌متر برای واحدهای ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ محاسبه شد. حداکثر دور آبیاری گندم در ماه حداکثر مصرف در خردادماه، ۱۳ روز در واحدهای ۴ و ۱۴ و حداقل دور آبیاری، ۱۰ روز در واحدهای ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ روز بود. ضریب تغییرات عمق آب آبیاری و ضریب تغییرات دور آبیاری در ماه حداکثر مصرف، به‌ترتیب، ۷/۶ و ۸/۳ درصد بود. ج) حداکثر عمق آب آبیاری برای چغندرقند، ۶۵/۵ برای واحد ۱۴ و حداقل عمق آب آبیاری، ۵۰/۱ میلی‌متر برای واحدهای ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ برآورد شد. حداکثر دور آبیاری چغندرقند در ماه حداکثر مصرف در تیرماه، ۹ روز در واحد ۱۴ و ۱۵ و حداقل، ۷ روز در واحدهای ۶، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ بود. ضریب تغییرات عمق آب آبیاری و دور آبیاری در ماه حداکثر مصرف، به‌ترتیب، ۸/۶ و ۸/۸ درصد بود. د) حداکثر عمق آب آبیاری برای باغات مخلوط، ۹۳/۵ برای واحد هم‌آب ۱۴ و حداقل ۷۱/۵ میلی‌متر برای واحدهای ۶ و ۱۰ بود. حداکثر دور آبیاری گیاهان باغی در مردادماه، ۱۲ روز در واحد ۱۴ و حداقل ۹ روز در واحدهای ۶ و ۱۰ بود. ضریب تغییرات عمق آب آبیاری و دور آبیاری در ماه حداکثر مصرف بین تمام واحدهای هم‌آب برای گیاهان باغی، به‌ترتیب، ۶/۹ و ۷/۷ درصد به دست آمد. ه) حداکثر عمق آب آبیاری برای یونجه، ۶۵/۵ میلی‌متر برای واحدهای ۴ و ۱۴ و حداقل، ۶۴/۴ میلی‌متر برای واحدهای ۶، ۱۰ و ۱۶ برآورد شد. حداکثر دور آبیاری یونجه در تیرماه، ۹ روز در واحد ۴، ۱۴ و ۱۵ و حداقل، ۷ روز در واحدهای ۵، ۶، ۱۰، ۱۱ و ۱۶ بود. ضریب تغییرات عمق آب آبیاری، ۹/۱ درصد و برای دور آبیاری ۹/۵ درصد

بود. تعیین دور و عمق آبیاری از موارد بسیار مهم در مدیریت آبیاری و رعایت الگوی مصرف آب در هر منطقه بود و نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش برای شرایط نبود تنش رطوبتی برای گیاهان الگوی کشت توصیه می‌شود. در صورتی که امکان تخصیص منابع آب با برنامهٔ پیشنهادی این پژوهش توسط برنامه‌ریزان منطقه‌ای منابع آب میسر نباشد، باید همواره درصدی از تنش آبی به گیاهان الگوی کشت را پذیرفت.

منابع

۱. افتخاری ک. ۱۳۹۸. بررسی ارتباط خاک و لندفرم و تهیهٔ نقشهٔ تفصیلی خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی در زیرحوضهٔ هنام. گزارش نهایی ۵۵۱۹۹. مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. ۴۹۶ ص.

۲. امداد، م.ر. ۱۳۹۷. بررسی و شناسایی وضعیت کمّی و کیفی منابع آب در زیرحوضهٔ هنام. مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. گزارش نهایی ۵۴۵۸۲. مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. ۳۱ ص.

۳. امیدواری ش. کلهر م. و عبدی ص. ۱۳۹۸. اثر سطوح مختلف آب آبیاری و تغذیهٔ بهینه بر برخی صفات رشدی سه رقم گندم. مجلهٔ تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰(۴): ۸۶۳-۸۷۲.

۴. پناهی م. غالبی س. ملاح نوکنده س. و دواتگران. ۱۳۹۹. ارائهٔ توصیه‌های مدیریت بهره‌برداری از آب متناسب با وضعیت منابع خاک و آب و نیاز گیاهان به‌منظور ارتقای بهره‌وری آب در منطقهٔ هنام لرستان. گزارش نهایی ۵۸۰۸۰. مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. ۷۴ ص.

۵. حسین‌زاد ج. کاظمیه ف. جوادی ا. و غفوری ه. ۱۳۹۲. زمینه‌ها و سازوکارهای مدیریت آب کشاورزی در دشت تبریز. نشریهٔ دانش آب و خاک. ۲۳(۲): ۸۵-۹۸.

۶. سعادتی ز. دلبری م. پناهی م. و امیری ا. ۱۳۹۶. تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات رویشی، عملکرد و میزان قند چغندرقند در استان لرستان. نشریهٔ پژوهش آب در کشاورزی. ۳۱(۲): ۱۵۱-۱۶۳.

۷. سعادتی ز. دلبری م. پناهی م. و امیری ا. ۱۳۹۷. شبیه‌سازی رشد چغندرقند تحت تنش آبی با استفاده از مدل AquaCrop. نشریهٔ حفاظت منابع آب و خاک. ۷(۳): ۱-۱۹.

۸. علیزاده ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری. مشهد: دانشگاه امام رضا (ع). جلد ۱. ۴۵۲ ص.

۹. غالبی س. و ملاح س. ۱۳۹۸. بررسی وضعیت موجود تخصیص، مدیریت مصرف و بهره‌وری آب در واحدهای کاری همگن دشت هنام. گزارش نهایی ۵۶۷۶۶، مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. ۵۱ ص.

۱۰. نخجوانی م. بیژن قهرمان ب. داوری ک. علیزاده ا. دهقانی سانیج ح. و توکلی ع. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی عملکرد گندم در شرایط دیم کامل و آبیاری تکمیلی و ارائهٔ سناریوهای برتر مدیریتی در بالادست حوضهٔ آبریز کرخه. نشریهٔ آبیاری و زهکشی ایران. ۴(۱۰): ۴۶۶-۴۷۸.

11. Allen R. G. Pereara L. S. Raes D. and Smith M. 2006. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No.56. Rome. 362 p.
12. Behmanesh J. Verdinejad V. R. and Mehdizadeh S. 2014. The effect of reference and crop rvapotranspiration occurrence probability level on irrigation hydromodule (case study: Urmia, Iran). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES). 5(2): 27-36.
13. Heidarian F. Rokhzadi A. and Fardin Mirahmadi F. 2018. Response of sugar beet to irrigation frequency. harvesting time and integrated use of farmyard manure and nitrogen fertilizer Environmental and Experimental Biology. 16: 169-175.
14. Irmak S. Delynn R. Bruce E. William L. and Dean C. 2007. Irrigation management and crop characteristics of Alfalfa. Published by University of Nebraska- Lincoln pp. 4.
15. Kijne J.W. Toung T. P. Bennett J. Bouman B. and Oweis T. 2003. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. CGIAR challenge program on water and food (CP), Background paper1.
16. Liao R.W. Wua Y. Hua Q. Huanga Y. and HuaY. 2019. Quantifying moisture availability in soil profiles of cherry orchards under different irrigation regimes. Agricultural Water Management. 225(10): 57-80.
17. Valipour M. 2012. Hydro-Module Determination for Vanaei Village In Eslam Abad Gharb, Iran. Journal of Agricultural and Biological Science. 7(12):968-976.