

مقاله علمی- پژوهشی

## بررسی نظام‌مند گستره عوامل موثر بر بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به منظور

### کاهش مصرف آب: یک مطالعه فراترکیب

محمد نوید فرح‌زاد<sup>۱</sup>، بیژن نظری<sup>۲\*</sup>، محمدرضا نیکو<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۵

#### چکیده

کمبود منابع آب شیرین و فشار بر منابع آب یک نگرانی جهانی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این مطالعه با هدف استفاده کارآمد از آب به منظور کاهش مصرف آب و تحقق اهداف توسعه پایدار و پایداری محیط‌زیست انجام شده است. در این تحقیق از روش فراترکیب سندلوسکی و باروسو استفاده شد. برای انجام آن از ۳۸۰ مقاله چاپ شده در مجلات علمی معتبر داخلی و حاضر در پایگاه‌های علمی گوگل اسکالر، مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، مگیران، علم‌نت و نورمگز در بازه زمانی ۱۳۷۸-۱۴۰۲ استفاده شد. در مجموع ۳۰۸ عامل موثر شناسایی و در ۱۳ گروه اصلی، تقسیم‌بندی شدند. ارزیابی‌ها نشان دادند که بیشترین تکرار در مطالعات بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به ترتیب مربوط عامل‌های «کم‌آبیاری»، «سطوح آبیاری»، «رقم»، «روش آبیاری»، «کم‌آبیاری بخشی ریشه»، «مدیریت آبیاری»، «کود نیتروژن»، «AquaCrop»، «سوپر جاذب رطوبت» و «تنش آبی» با بسامد ۴۱، ۴۰، ۳۵، ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۱۷، ۱۶ و ۱۴ تکرار بود و در گروه‌های اصلی به ترتیب مربوط به «مدیریت آبیاری (کم‌آبیاری، دیم) و زهکشی»، «مدیریت کشت و کاشت»، «فناوری و تکنولوژی»، «مدیریت منابع آب»، «مدیریت کوددهی و تغذیه»، «تنش‌های محیطی»، «سامانه‌های آبیاری و زهکشی»، «آب‌های نامتعارف»، «آموزش، اطلاع‌رسانی و ترویج»، «مدل و مدلسازی»، «اقلیم و تغییرات اقلیمی»، «سیاست‌گذاری» و «مدیریت اراضی و خاک» با بسامد ۲۴، ۱۸، ۱۰، ۸، ۸، ۷، ۴، ۳، ۳، ۲ و ۲ درصد بوده است. در مجموع بیش از یک دوم بسامد عوامل در چهار گروه اول تمرکز یافته است. مباحث «آموزشی، اطلاع‌رسانی و ترویج» و «سیاست‌گذاری» با اینکه اهمیت بسیار بالایی دارند اما به اندازه کافی مورد نگرش نبوده‌اند و در مقابل ابعاد «فناوری و تکنولوژی» بیشتر مورد تمرکز بوده است. این تحلیل جامع، پایه‌ای برای اتخاذ تدابیر مناسب در حوزه بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به وجود آورده است.

**واژه‌های کلیدی:** استفاده کارآمد از آب، امنیت غذایی، پایداری محیط‌زیست، توسعه پایدار

#### مقدمه

نیاز به برنامه‌ریزی بهتر و استفاده کارآمدتر از آب در تمامی بخش‌ها به خصوص کشاورزی به منظور تامین امنیت غذایی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌باشد (Saad et al., 2023; Asres et al., 2023; Yang et al. 2023; Safi et al., 2022; Salehi, 2022; Marston et al., 2020; Heydari, 2014).

به منظور استفاده کارآمدتر از آب در بخش کشاورزی، افزایش قابل ملاحظه بهره‌وری آب امری ضروری و لازم است. بهره‌وری آب در معنای وسیع آن، بازده خالص یک واحد آب مصرفی شامل آب سبز (بارندگی موثر) برای مناطق دیم و آب سبز و آب آبی (آب منحرف شده از سیستم‌های آبی) برای مناطق آبی است. هدف بهبود بهره‌وری آب، تولید غذای بیشتر، درآمد و معیشت بهتر و خدمات اکوسیستمی با آب کمتر است. کمبود آب به شدت بر بهره‌وری و کیفیت کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر می‌گذارد. خوشبختانه زمینه قابل

کمبود منابع آب شیرین و فشار بر منابع آب یک نگرانی جهانی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که با افزایش جمعیت جهانی و تغییرات آب و هوایی ناشی از گرم شدن کره زمین و مدیریت ضعیف تشدید می‌شود. بنابراین موضوع مدیریت آب و مداخلات برای بهبود آن در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده آب مطرح می‌گردد و

۱- دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۳- دانشیار گروه مهندسی عمران و معماری، دانشگاه سلطان قابوس، مسقط، عمان.

\*- نویسنده مسئول: (Email: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir)

محدود و افزودن کود بر کارایی استفاده از آب و نیاز به پرورش ارقام جدید با کارایی بالا اشاره کرده است (Deng et al., 2006).

نادری عارفی و قربانی نصرآباد (۱۴۰۱) در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، آب مصرفی و بهره‌وری آب ارقام تجاری پنبه را بررسی کردند. در سال اول و دوم، رقم گلستان به ترتیب با ۱/۷ و ۱/۳۳ کیلوگرم بر متر مکعب، بالاترین کارایی مصرف آب را داشت. این محققان ارقام برتر پنبه با عملکرد بالا در شرایط کم‌آبی را به کشاورزان توصیه کردند.

قوچانیان و همکاران (۱۳۹۸) ارتقای بهره‌وری مصرف آب در محصول گندم تحت سناریوهای آبیاری مختلف با استفاده از مدل AquaCrop را مورد بررسی قرار دادند. حالت بهینه انتخاب شده برای محصول استفاده شده در این پژوهش، در دور ۱۰ روز و با اعمال اعماق متفاوت آبیاری، با بهره‌وری ۲۰/۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد.

کریمی و جلینی (۱۳۹۶) در تحقیق خود به بررسی بهره‌وری آب کشاورزی محصولات مهم زراعی در دشت مشهد پرداختند. برای محاسبه بهره‌وری آب کشاورزی از شاخص عملکرد به ازای واحد حجم آب (CPD)، شاخص درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD) و شاخص بازده خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کشت‌هایی که نیاز به مقدار زیادی آب دارند و همچنین بازده اقتصادی پایینی دارند باید از الگوی کشت حذف شوند. آنان اعلام نمودند که این اقدام نه تنها منجر به کاهش مصرف و استحصال آب می‌شود، بلکه منافع اقتصادی بالایی را برای کشاورزان و بهره‌برداران کشاورزی به همراه دارد.

مرادی نژاد و اسلیمپور (۱۳۹۷) در دشت فراشیند فارس برای افزایش بهره‌وری آب و اصلاح آبیاری، ۲۳ چاه کشاورزی بدون پروانه را به دو چاه فعال تجمیع کردند و ۳۲ هکتار اراضی را به سیستم آبیاری تحت فشار مجهز نمودند. این اقدامات منجر به کاهش ۵۷ درصدی مصرف آب و افزایش ۶۶ درصدی تولید محصولات کشاورزی شد، که نشان‌دهنده تأثیر مثبت مدیریت یکپارچه آب‌های زیرزمینی در بهبود بهره‌وری و توسعه پایدار کشاورزی است.

در مورد بهره‌وری آب مطالعات متعددی گزارش شده است. مطالعه و جمع‌بندی تمامی مقاله‌های مرتبط با بهره‌وری آب نیازمند روشی علمی و نظام‌مند است. فراترکیب یک روش جمعی برای مشاهده مطالعات خاص در یک زمینه تحقیقاتی و ادغام یافته‌ها و مفاهیم در قالبی که به آسانی در دسترس و قابل درک باشند، است. در این روش علمی با گام‌های مشخص، داده‌های نتایج حاصل از سایر مطالعات برای پاسخگویی به هدف پژوهشگر ترکیب می‌گردد و نتایج جدیدی به منظور تفسیر گسترده‌تری از یک موضوع یا پدیده به دست می‌آید (Hoon, 2013; Higgins and Green, 2011).

در واقع فراترکیب فرایند جستجو، ارزیابی، ترکیب و تفسیر

توجهی برای بهبود بهره‌وری آب محصولات زراعی، دام و شیلات در مقیاس مزرعه تا حوضه وجود دارد. دستیابی به این افزایش‌ها مستلزم تحقیقاتی است که محیط‌های بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی بین مزرعه، مزرعه و حوضه را در بر می‌گیرد (Wakchaure et al., 2023; Ali and Talukder, 2008; Cai and Rosegrant, 2003; Molden et al., 2003).

رشد اطلاعات و افزایش چشمگیر علمی از یک سو و سهولت دسترسی به آن‌ها موجب شده است تا ادبیات پژوهش پیرامون پدیده‌های مختلف غنی باشد. سعد و همکاران برای پاسخ به این سوال که آیا کم‌آبیاری می‌تواند راه حلی بهینه برای افزایش بهره‌وری آب در شرایط خشک باشد؟ در مطالعه موردی (گیاه گندم) در مزرعه‌ای به مدت دو فصل متوالی این محصول را مورد آزمایش قرار دادند. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که کم‌آبیاری منجر به کاهش قابل توجهی در پارامترهای رشد و بهره‌وری همه ارقام گندم می‌شود و همچنین کاهش محتوای آب مجازی را در پی داشته است (Saad et al., 2023).

جبین و همکاران با استفاده از نرم‌افزار DSSAT به بهینه‌سازی آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک پاکستان پرداختند تا بهره‌وری مصرف آب (WUE) و عملکرد دانه گندم را افزایش دهند. در منطقه خشک، بالاترین عملکرد گندم (۲۳۹۴ کیلوگرم در هکتار) و WUE (۵/۹ کیلوگرم بر مترمکعب) با آبیاری کامل به دست آمد. با کاهش سطح آبیاری، مصرف آب کاهش یافت اما عملکرد گندم نیز کاهش یافت. لذا، انتخاب سطح بهینه کم‌آبیاری برای هر منطقه ضروری است (Jabeen et al., 2022).

مدرانو و همکاران در تحقیق خود به بررسی و ارزیابی پیشرفت‌های حاصل شده در شیوه‌های زراعی و بهبود ژنتیکی پرداختند. آن‌ها روی اقدامات زراعی تمرکز کردند که بر افزایش مصرف آب سبز اثرگذار هستند؛ این اقدامات شامل افزایش ظرفیت ذخیره آب خاک، کاهش از دست رفتن مستقیم آب خاک یا محدود کردن تلفات زودرس تعرق بوده‌اند. همچنین، شیوه‌های مدیریت سایبان برای کاهش مصرف زیاد آب و شناسایی ارقام با بهره‌وری بالا در مصرف آب را نیز مورد ارزیابی قرار دادند (Medrano et al., 2015).

دنگ و همکاران به بهبود بهره‌وری مصرف آب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک چین پرداخته‌اند. در شمال و شمال غرب چین، که نیمی از مساحت کشور را شامل می‌شود، کمتر از ۲۰٪ منابع آب ملی موجود است و کارایی استفاده از آب آبیاری حدود ۴۰٪ و کارایی کشاورزی به طور متوسط ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب است. این پژوهش به بررسی فناوری‌های صرفه‌جویی در آب مانند آبیاری با فشار کم، آبیاری شیاری، مالچ‌های پلاستیکی، آبیاری قطره‌ای زیر پلاستیک، جمع‌آوری باران و تراس‌بندی پرداخته و به تأثیر آبیاری

با هر یک از هشت حوزه کشاورزی هوشمند معرفی شدند. با توجه به مشکلات کمبود منابع آب شیرین و فشار بی‌سابقه بر منابع آب در جهان، مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک و تأثیرات تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت جهانی بر این موضوع، نیاز به افزایش بهره‌وری آب را با تأکید بر کاهش مصرف آب، به ویژه در بخش کشاورزی، برای تأمین امنیت غذایی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار و پایداری محیط‌زیست ابراز می‌کند. رویکرد فراترکیب به عنوان یک روش تحقیقی نوین نقش مهمی در ادغام داده‌ها و مطالعات برای بهبود فهم از چالش‌ها و ارائه راهکارهای نوآورانه در مدیریت بهینه منابع آب را می‌تواند ایفا کند. از آن جایی که تاکنون تحقیقی به منظور بررسی نظام‌مند گستره عوامل موثر بر بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به منظور کاهش مصرف آب با رویکرد فراترکیب انجام نشده است. اجرای این مطالعه با این هدف تعریف و برنامه‌ریزی شده است.

### مواد و روش‌ها

برای استخراج مفاهیم و تحلیل آن‌ها از روش فراترکیب سندلوسکی و باروسو (۲۰۰۷) استفاده به عمل آمد. این روش، الگویی ساختارمند و کاربردی برای تحقق اهداف مطالعه فراهم می‌نماید. انجام این روش شامل هفت گام اساسی می‌باشد که در شکل (۱) ارایه شده است.

#### گام یک: تنظیم سوالات پژوهش

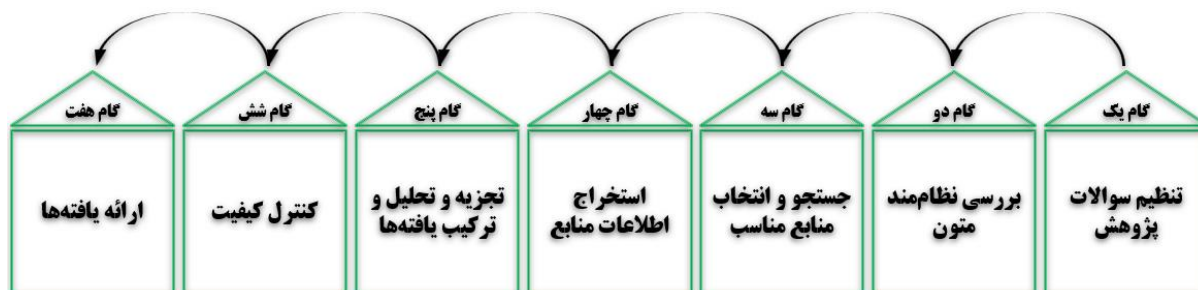
در این بخش، در ابتدا پرسش‌های بنیادین تنظیم شده و با مشخص نمودن پاسخ آن‌ها، محدوده تحقیق مشخص می‌گردد. سوالات مناسب می‌توانند یک پدیده خاص، مقیاس و پیامدهای آن و عوامل مؤثر بر آن را مشخص سازد و باعث رفع ابهام‌های احتمالی در مراحل بعدی مطالعه گردد. پرسش‌های مطالعه به همراه شناسه‌های آنان در جدول (۱) بیان شده‌اند.

مطالعات کمی یا کیفی در یک حوزه خاص است تا با روش‌های جدید تحقیقی برای بررسی مسائل پژوهشی در زمینه‌های مختلف پردازند که با استفاده از روش‌های تحقیقاتی دیگر قابل شناسایی نیستند تا نتایج حاصل از آن برای یافتن شکاف‌های پژوهشی، نوآوری در متدولوژی و روش تحقیق برای حوزه مورد نظر، استفاده گردد (Lachal et al, 2017).

دی آبرو و ماچادو به بررسی چالش‌های پیوند آب-انرژی-غذا-زمین و مشارکت در زنجیره تامین سوخت زیستی با استفاده از رویکرد فراترکیب و مرور سیستماتیک با هدف اینکه چگونه رویکرد پیوندی به مدیریت پایدار زنجیره تامین سوخت زیستی کمک می‌کند، پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان دادند که رویکرد پیوندی می‌تواند راه‌حل‌های اجتماعی و اقتصادی را برای مدیریت پایدار زنجیره تامین سوخت زیستی از طریق تنوع منابع زیست‌توده انرژی، آلودگی زدایی، استفاده از پساب، انتخاب مناسب‌ترین مکان‌ها برای کاشت و نصب با توجه به جغرافیا، اقلیم، ارائه دهد (de Abreu and Machado., 2023).

بلانچی و همکاران شیوه‌های مدیریت خاک و محصول و عملکردهای تنظیم آب خاک را از طریق سنتز کیفی متاآنالیزهای مربوط به کشاورزی اروپا مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه شکاف‌های مهم دانش اثرات شیوه‌های مدیریت بر رشد و تفرق ریشه‌ای مشخص شد و بر اساس این شکاف‌ها چندین راه کلیدی برای تحقیقات آینده در این زمینه مشخص شد (Blanchy et al., 2023).

نمازی و مصلی‌نژاد (۱۴۰۰) با استفاده از رهیافت فراترکیب و فن ارزیابی متوازن، شاخص‌های مؤثر بر حسابداری مدیریت آب در ایران را ارزیابی و الگویی جامع ارائه کردند. این الگو می‌تواند برای حسابداران، برنامه‌ریزان حوزه آب، مدیران شرکت‌های آب و فاضلاب، و صنایع مختلف کاربرد داشته باشد. محمدیان و همکاران (۱۳۹۹) به شناسایی و دسته‌بندی کاربردهای تحلیل داده فناوری اینترنت اشیا در توسعه کشاورزی هوشمند با استفاده از روش فراترکیب پرداختند. درنهایت در این پژوهش روند تحقیقات و کاربردهای موضوعی مرتبط



شکل ۱- الگوی هفت مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو

جدول ۱- شناسه و پرسش‌های مبنایی تحقیق

| پرسش   | شناسه                   |
|--|-------------------------|
| شناسایی، ابعاد و گروه‌بندی عوامل موثر بر بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به منظور کاهش مصرف آب                                       | چیستی (What)            |
| مقالات چاپ شده در مجلات علمی معتبر داخلی و حاضر در پایگاه‌های علمی گوگل اسکالر، مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، مگیران، علم‌نت و نورمگز | جامعه مورد مطالعه (Who) |
| علم‌نت و نورمگز (شمسی) ۱۳۷۸-۱۴۰۲   | چارچوب زمانی (When)     |
| بررسی موضوعی منابع، استخراج مولفه‌ها، دسته‌بندی مولفه‌ها، بررسی و تحلیل مفاهیم به دست آمده   | چگونگی روش (How)        |

جدول ۲- کلیدواژه‌های گزینش مقالات علمی

| نوع جستجو | واژه‌های کلیدی        | محل قرارگیری |
|-----------|-----------------------|--------------|
| فارسی     | بهره‌وری آب، خشک      | عنوان یا متن |
|           | بهره‌وری آب، نیمه‌خشک | عنوان یا متن |

گام دو: بررسی نظام‌مند متون

در این مرحله به جستجوی سیستماتیک مقالات منتشر شده در پایگاه‌های علمی معتبر خارجی و داخلی با هدف تعیین اسناد معتبر، موثق و مرتبط در بازه زمانی مناسب برای گردآوری داده‌های ثانویه پرداخته شد. کلیدواژه‌های مرتبط به منظور گزینش مقالات در جدول (۲) ارائه شده است.

گام سوم: جستجو و انتخاب منابع مناسب

پس از شناسایی کلیدواژه‌های تحقیق، مجموعه مقاله‌های حاوی واژگان کلیدی مشخص شدند. این مقالات بر اساس مواردی چون

عنوان، چکیده، محتوا که با پرسش و هدف پژوهش تناسبی ندارند، غربال شدند و مقاله‌های نهایی استخراج شدند. معیارها، شاخص‌های پذیرش و یا عدم پذیرش مقاله‌ها در جدول (۳) ارائه شده‌اند. حدود ۳۹۷ عنوان پژوهش در زمینه موضوع، مورد مطالعه اولیه قرار گرفتند که ۷ تحقیق به دلیل عدم انتشار، ۴ مقاله به دلیل عدم دسترسی حذف گردید. پس از اعمال شاخص‌های پذیرش و یا عدم پذیرش، از نظر عنوان، ۲، چکیده، ۱ و محتوا ۳ مقاله غربال شدند و در نهایت ۳۸۰ پژوهش برای انجام فراترکیب به دست آمدند. در شکل (۲) چگونگی انتخاب مقاله‌های مناسب و نتایج حاصل از آن ارایه شده است.

جدول ۳- شاخص‌های پذیرش و یا عدم پذیرش مقاله‌ها

| معیار              | شاخص پذیرش                     | شاخص عدم پذیرش                     |
|--------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| عنوان مقاله        | عنوان‌های مرتبط با موضوع تحقیق | عنوان‌های غیر مرتبط با موضوع تحقیق |
| کیفیت چکیده مقاله  | چکیده‌های مرتبط با موضوع تحقیق | چکیده‌های غیر مرتبط با موضوع تحقیق |
| کیفیت محتوای مقاله | محتوای مرتبط با موضوع تحقیق    | محتوای غیر مرتبط با موضوع تحقیق    |



شکل ۲- نتایج جستجو و چگونگی انتخاب مقاله‌های مناسب

### گام چهارم: استخراج اطلاعات منابع

در این مرحله محتوای مقاله‌ها به دقت و چندین بار مطالعه شده و مولفه‌های کلیدی و اساسی آثار به صورت جداگانه استخراج شدند. فراوانی تکرار هر مولفه در بین آثار نیز بررسی شد تا پشتوانه نظری آنان توجیه‌پذیر باشد. در مجموع ۳۰۸ مولفه شناسایی شدند.

### گام پنجم: تجزیه و تحلیل و ترکیب یافته‌ها

تمام مؤلفه‌های استخراج شده از مطالعه‌ها با در نظر گرفتن مفهوم هر یک از آن‌ها در یک مفهوم مشابه به منظور تجزیه، تحلیل و تلفیق کیفی مولفه‌ها دسته‌بندی شدند. با انجام این گام، تفسیری فراتر از هر یک از مطالعات از پدیده‌ی مورد نظر ارائه شده است و در عین حال در برگیرنده‌ی تمامی آن‌ها نیز می‌باشد به گونه‌ای که اثر هر یک از مطالعات اولیه را می‌توان در این کل، جستجو نمود.

### گام ششم: کنترل کیفیت

در این گام، روایی و پایایی ابعاد و مؤلفه‌های به دست آمده از مراحل قبلی مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به این که ابعاد و مؤلفه‌های به دست آمده از مجلات علمی معتبر داخلی، اقتباس و استخراج شده است بنابراین دارای روایی و پایایی قابل قبولی می‌باشند.

### گام هفتم: ارائه یافته‌ها

در این مرحله از فراترکیب، یافته‌های حاصل از مراحل قبل ارائه شدند.

### نتایج و بحث

پس از انجام هفت گام تعریف شده در روش تحقیق، عوامل موثر بر بهره‌وری آب با ۳۰۸ عامل، شناسایی شدند. برای درک بهتر و اینکه کلمات پر تکرار به شکل بصری قابل رویت باشند ابر واژگان این عوامل در شکل (۳) ارائه شده است. از آنجایی که تمام این عوامل از مقالات معتبر عملی به دست آمده‌اند. هر یک از آنان می‌تواند راهنمایی برای بهبود بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشند. بسامد عوامل شناسایی شده که در جدول (۴) ارائه شده است نشان می‌دهد که بیشترین تکرار در مطالعات بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به ترتیب مربوط عامل‌های «کم‌آبیاری»، «سطوح آبیاری»، «رقم»، «روش آبیاری»، «کم‌آبیاری بخشی ریشه»، «مدیریت آبیاری»، «کود نیتروژن»، «AquaCrop»، «سوپر جاذب رطوبت» و «تنش آبی» با بسامد ۴۱، ۴۰، ۳۵، ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۱۷، ۱۶ و ۱۴ تکرار بوده است. همچنین بیش از ۶۰ درصد عوامل دارای بسامد یک تکرار بوده‌اند که نشان از حداقل تکرار این عوامل در مطالعات بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته است.

گرچه کم‌آبیاری قرن‌هاست که به صورت سنتی توسط کشاورزان عمل می‌گردد، اما این روش چنان تحولی را در بخش کشاورزی به همراه داشته که در تحقیقات زیادی پیرامون جنبه‌های علمی و کاربردی آن صحبت شده است. اثر کاربرد سطوح مختلف آبیاری نیز در تحقیقات زیادی مورد بحث قرار گرفته است. کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضرورت یافتن ارقام مقاوم و مناسب را دو چندان کرده است. تاثیر روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب به منظور اتخاذ راهبردهای تضمین کننده کشاورزی پایدار در بسیاری از مطالعات مورد بحث قرار گرفته است. تاثیر کم‌آبیاری بخشی ریشه بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه، صرفه‌جویی در مصرف آب و خصوصیات رطوبتی خاک به عنوان راهکاری سازگار با بحران آب مورد توجه پژوهشگران بوده است. مدیریت صحیح آبیاری باعث استفاده بهینه از منابع آب، خاک، کود و تولید محصولاتی با کمیت و کیفیت بالا در سطح مزرعه می‌گردد. در بسیاری از مطالعات عنوان شده است که نیتروژن می‌تواند از کاهش شدید عملکرد در شرایط تنش آبی جلوگیری نماید. از آنجایی که بررسی عوامل محیطی و مدیریتی در مزرعه نیازمند آزمایش‌های مزرعه‌ای هزینه‌بر و زمان‌بر می‌باشد، در بسیاری از مطالعات شبیه‌سازی شرایط را به وسیله مدل AquaCrop انجام داده‌اند. استفاده از مواد جاذب رطوبت برای افزایش بهره‌وری آب نیز مورد توجه محققین بوده است. همچنین تنش آبی یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد.

در مجموع، تنوع و بسامد عوامل شناسایی شده نشان می‌دهد که بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای چالش‌های متنوع و گوناگونی است که در تحقیقات سینگ و همکاران (۲۰۲۴)، نانگیا و یادوا (۲۰۱۶)، بذرافشان و همکاران (۱۴۰۰) و عباسی و همکاران (۱۳۹۶) نیز به این موضوع اشاره شده است. با جمع‌بندی عوامل شناسایی شده در تحقیق می‌توان زمینه‌ای ایجاد نمود تا با دیدگاه منسجم‌تری به پدیده مورد نظر پرداخته شود.

برای شناخت بهتر فرصت‌ها، هدف‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های راهبردی و استراتژیک بهبود بهره‌وری آب، عوامل شناسایی شده در ۱۳ بعد اصلی تعریف و گروه‌بندی شدند که شامل «مدیریت منابع آب»، «مدیریت آبیاری (کم‌آبیاری، دیم) و زهکشی»، «مدیریت اراضی و خاک»، «مدیریت کشت و کاشت»، «مدیریت کوددهی و تغذیه»، «تنش‌های محیطی»، «سامانه‌های آبیاری و زهکشی»، «اقلیم و تغییرات اقلیمی»، «آموزش، اطلاع‌رسانی و ترویج»، «مدل و مدل‌سازی»، «فناوری و تکنولوژی»، «آب‌های نامتعارف» و «سیاست‌گذاری» است.

مستندسازی مدیریت‌های زراعی مؤثر، نصب وسایل و تجهیزات مصرفی، مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری، عوامل زراعی محدودکننده، مبارزه اصولی با آفات و علف هرز، مدیریت یکپارچه خاک و آب در مقیاس مزرعه، کارایی مصرف آب و نوزاد، کشت محصولات با نیاز آبی کم، لایسمترهای وزنی تمام اتوماتیک قابل حمل، طرح‌های تعادل‌بخشی آب زیرزمینی، محلول پاشی نانو ذرات سیلیکا، سیستم تغذیه‌ای شیمیایی و آلی، روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، موانع مطمئن آبیاری، محل کارگذاری مالت پلیاسترکی، رویکرد بهیچ بیوسنتز، آب، انرژی و غذا، عوامل مؤثر بر همسرش آلودگی، کشت ریشه‌های استفاده از چاه، ساختن سبز، سطح زیر کشت، چاک‌گیری کشت، دوره آموزشی رفتار مصرف آب، موانع آموزشی گروهی، مدل‌سازی پویای سیستم‌ها، ردیابی آلودگی آب، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، تولید کشته رشد، توصیه‌ی کودی آبیاری یک در میان، فاضلاب تصفیه شده و آب شور، گلخانه‌ای روزی، توسعه‌ی آموزشی مشارکتی، کاربرد آبیاری در مزرعه، بهره‌برداری بهینه از مخازن، سد‌ها، کفیت خاک، اختلاط آب چاه یا پساب، اصلاح کشته‌های طبیعی خاک، اختلاط آب شور و شیرین، توسعه فعالیت کشاورزی پایدار، اقدامات زراعی-مدیریتی، مایکرویز، کود آلی، مشارکت عمومی، مدیریت بحران آب، بهینه‌سازی منابع آب، اصلاح آلودگی کشت آبیاری مقاوم به خشکی، گیاهان مقاوم به خشکی، آبیاری تناوبی نیم در میان آب شور و شیرین، سامانه اطلاعات جغرافیایی، تغییرات تبخیر و تعرق، دبی چاه، پساب خام، DSSAT، هرس، مناطق مستعد کشت، بهره‌وری آب باران، پست کشت، گیاهان مقاوم به خشکی، آبیاری تناوبی نیم در میان آب شور و شیرین، سامانه اطلاعات جغرافیایی، تغییرات تبخیر و تعرق، دبی چاه، پساب خام، DSSAT، هرس، آبیاری زیرزمینی، محدودیت آبی، مواد اصلاح کننده خاک، گیاهان مقاوم به خشکی، آبیاری زیرسطحی، بهره‌وری فیزیکی، استفاده تلفیقی از آب دریا، ردیابی آب، پذیرش فناوری‌های نوین، ارزش واحد آب، آب سبز، کشت پاییزه، هزینه کود، مدیریت صحیح، رطوبتی مزرعه، زمان آبیاری، مدیریت کم‌آبیاری، بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری ضرایب گیاهی، کود پتاسیم، تنش شوری، رطوبت خاک، تغییرات کمیت آب، محدودیت کمی آب، میزان پذیر مصرفی، زهکشی زیرزمینی، تبخیر و تعرق، سطوح آبگیر باران، روش کاشت، گونه، کود شیمیایی، کود شیمیایی، کود شیمیایی، پراپینتگ بندر، مدیریت تغذیه‌ای، مسائل مهندسی، سامانه آبیاری خاک شور، کم آبیاری بخشی ریشه متاوب، روش آبیاری تناوبی، تغییر اقلیم، سامانه آبیاری آرایش قطره‌ای، پساب صنعتی، هزینه سم، شخم بعد از آبیاری، اصلاح آلودگی آبیاری، تحت فشار، آبیاری زیرسطحی، آبیاری نوبین، تاریخ کاشت، سبزی آب، خاکپوش کودآبیاری، قیمت گذاری آب، سبزی‌بندی آب، مدیریت تغذیه‌ای، هیدروموردول واقعی، راندمان توزیع، زهکشی، شدت جریان، کشت نشانی، سوپر جاذب رطوبت، کم آبیاری، تنش آبی، آوره، کود دامی، کود آبیاری، تنظیم شده، مدیریت بهینه آب، AquaCrop-GIS، تغییرات آلودگی کاشت، تابو آب شور، با آب روخانه، آبیاری زیرزمینی، مدیریت کوددهی، تنش خشکی، AquaCrop، رقم، کم آبیاری، تنظیم شده، مدیریت بهینه آب، AquaCrop-GIS، تغییرات آلودگی کاشت، ایجاد حصار یا بادکش، آبیاری فیلته‌ای، سالیسیلیک اسید، مالت آبی، آب شور، نیاز آبی، مدیریت آلودگی، کشت خشک، آبیاری تناوبی، یکدیگر، میان آب شور و شیرین، تصمیمات زارعین، نظام زراعی، عمق آبیاری، آلودگی زیست جمی، عوامل ترویجی، همیاری جمی، مطالعات مدیریت منابع آب، کم‌آلودگی، تنش سرما، راندمان آبیاری، خاک‌ورزی، کشت مخلوط، آلودگی کشت آبی، آوره، کود دامی، کود آبیاری، تنظیم شده، مدیریت بهینه آب، AquaCrop-GIS، تغییرات آلودگی کاشت، مدیریت مزرعه، سیاست‌گذاری، باگاس، تهیه آب، پنبه، بیضی عملکرد، برنامه‌ریزی آبیاری، پساب مغناطیسی، آبیاری تناوبی، یکدیگر، میان آب شور و شیرین، تصمیمات زارعین، نظام زراعی، عمق آبیاری، آلودگی زیست جمی، عوامل ترویجی، همیاری جمی، کود مرغی، SWAP، سن باوری درختان، پساب تصفیه شده، ارتفاع غرقاب، آبیاری چکانشی، ژئوتیب، خرید تضمینی محصولات کشاورزی، تنوری الاستیسیته، حجم آب آبیاری، تغییرات بارندگی، پساب شهری، کم آبیاری، تناوبی، نظام زراعی، عمق آبیاری، آلودگی زیست جمی، عوامل ترویجی، همیاری جمی، سن درختان، پیش‌خیزانیدن بندر، اطلاع‌رسانی و آگاهی بخشی، محدودیت آبیاری، فاضلاب تصفیه شده، کاتالوگ‌های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی، بافت خاک، اختلاط آب و پساب تصفیه شده، اختلاط آب شور یا روخانه، کم آبیاری، آب دریا، توده آلودگی، توسعه کشت، اختلاط آب چاه یا فاضلاب تصفیه شده، اثر کیفی آب آبیاری، اقدامات فنی-زیرساختی، بالایش، پساب شهری و صنعتی، با گیاه آلودگی، آفات و بیماری‌ها، تبخیر و تعرق واقعی، محلول پاشی سالیتم، کود کمپوست، رساندن انتقال، پوشش آبیاری، کمکی، تعداد دفعات آبیاری، آب شور، مغناطیسی، دانش و آگاهی مشتریان، باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، اعمال معرفه‌های متناسب با شرایط، تلفات تبخیر و باد بردگی، کشته‌های تاخیری، کمپوست آروم، مساحت مزارع، شخم حفاظتی، امنیت آب، پساب تصفیه خانه فاضلاب، انتقال آب به وسیله لوله، دانش و آگاهی مشتریان، باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، اعمال معرفه‌های متناسب با شرایط، تلفات تبخیر و باد بردگی، کشته‌های تاخیری، کمپوست آروم، شدت نور، تراکم بندر در خزانه، تناسب اراضی، کشت نیمه خشک، تغییرات شوری منابع آب زیرزمینی، تغییر کاربری، تغییرات نیاز آبی، کمپوست نیشکر، شوری خاک، کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب، قوانین کارآمد، فسفر، گیاهان مقاوم به شوری، نسبت آب مورد نیاز به آب موجود، تابو خشکی و رطوبت، تنش کودی، کوتاه کردن جریان آب، سن پنبه، فیلم پلیاسترکی، عمده‌کارکنان آبیاری، شوری خاک، کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب، قوانین کارآمد، فسفر، گیاهان مقاوم به شوری، عمق چاک‌گذاری، نوار آبیاری، کشت گلخانه‌ای، سیستم آبیاری کم مصرف، اختلاط فاضلاب تصفیه شده و آب شور، کارایی اقتصادی مصرف آب، محلول‌پاشی با نانو ذرات سیلیس، یکپارچه سازی راضی، مدیریت منابع آب، محدودیت منابع آب، مدیریت نامناسب کشاورزان

۴- نقش عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه خشک

جدول ۴- بسامد عوامل موثر بر بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک

| بسامد | عامل   |
|-------|--|
| ۴۱    | کم آبیاری  |
| ۴۰    | سطوح آبیاری  |
| ۳۵    | رقم  |
| ۱۹    | روش آبیاری   |
| ۱۸    | کم آبیاری بخشی ریشه  |
| ۱۷    | AquaCrop، مدیریت آبیاری، کود نیتروژن   |
| ۱۶    | سوپر جاذب رطوبت  |
| ۱۴    | تنش آبی  |
| ۱۳    | تاریخ کاشت، آب مجازی، الگوی کشت  |
| ۱۲    | دور آبیاری   |
| ۱۱    | تغییر اقلیم، تنش خشکی  |
| ۱۰    | سامانه آبیاری، نیاز آبی  |
| ۹     | آب مغناطیسی، ضرایب گیاهی   |
| ۸     | کم آبیاری تنظیم شده، بیوجار  |
| ۷     | تنش شوری، گونه، آبیاری نوین  |
| ۶     | اوره، آبیاری تکمیلی، اقلیم، بهره‌وری آب،   |
| ۵     | روش کاشت، سنجش از دور، لاین، آبیاری زیر سطحی، کشت مخلوط، کود پتاسیم، ورمی کمپوست، بهره‌وری اقتصادی، دانش کشاورزان  |
| ۴     | آب شور، تراکم بوته، رد پای آب، شوری آب، کود دامی، مالچ، آبیاری تناوبی، آرایش کاشت، خاکورزی، سطوح آبگیر باران، بهره‌وری فیزیکی، کم آبیاری بخشی ریشه ثابت، کود شیمیایی، استفاده تلفیقی از آب دریا، آموزش کشاورزان، خشکسالی   |
| ۳     | آب چاه، آبیاری تحت فشار، برنامه‌ریزی آبیاری، علف هرز، مالچ آلی، مدیریت کم آبیاری، نوع آب، تحصيلات زارعین، سالیسیلیک اسید، قیمت آب، گیاهان مقاوم به خشکی، کم آبیاری بخشی ریشه متناوب، کیفیت آب، راندمان آبیاری، پذیرش فناوری‌های نوین، رطوبت خاک، آبیاری تناوبی نیم در میان آب شور و شیرین، آبیاری تناوبی یک‌درمیان آب شور شیرین، آبیاری قطره‌ای، پساب مغناطیسی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، مالچ پلاستیکی، مدیریت بهینه آب، مدیریت کوددهی، تبخیر تعرق گیاه مرجع  |
| ۲     | اختلاط آب شور و شیرین، اصلاح الگوی کشت، پرایمینگ بذر، پساب شهری، تغییرات بارندگی، تغییرات تبخیر و تعرق، تغییرات شوری خاک، تناوب زراعی، تولید برنج توأم با پرورش اردک، حجم آب آبیاری، خاک شور، خرید تضمینی محصولات کشاورزی، ژنوتیپ، سیستم کشت، عمق آبیاری، فاضلاب تصفیه شده، قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی، کشت نشایی، کم آبیاری متناوب، محدودیت آبیاری، آبیاری پالسی، مکانیزاسیون، مکمل‌های آبیاری، مواد اصلاح کننده خاک، هیبرید، اثر کمی آب آبیاری، اسید هیومیک، اطلاع رسانی و آگاهی بخشی، اقدامات فنی-زیرساختی، تبخیر و تعرق، بستر کشت، کیفیت خاک، نظام زراعی، پساب تصفیه شده، توسعه فعالیت کشاورزی پایدار، تئوری الاستیسیته، خاکپوش، سهمیه‌بندی آب، کشت محصولات با نیاز آبی کم، کشت زمستانه، کلون، کود آبیاری، اقدامات زراعی-مدیریتی   |
| ۱     | WOFOST، SWAP، ORYZA، AquaCrop-GIS، اثر کیفی آب آبیاری، اختلاط آب چاه با پساب، اختلاط آب شور با رودخانه، اختلاط آب و پساب تصفیه شده، اختلاط فاضلاب تصفیه شده و آب شور، ارزش واحد آب، کاتالوگ‌های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی، اصلاح الگوی آبیاری، اصلاح کننده‌های طبیعی خاک، مواد آلی، اعمال تعرفه‌های متناسب با شرایط، القاکنده رشد، الگوی زیست جمعی، الگوی توسعه کشت، امنیت آب، انتقال آب به وسیله لوله، ایجاد حصار یا بادکش، آب سبز، آب شور مغناطیسی، آبیاری چگالشی، اختلاط آب چاه با فاضلاب تصفیه شده، آبیاری زیرزمینی، آبیاری فته‌ای، آبیاری کمکی، آبیاری یک در میان فاضلاب تصفیه شده و آب شور، آفات و بیماری‌ها، آمایش سبز، بافت خاک، باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، باگاس، تبخیر و تعرق واقعی، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، بهره‌برداري بهینه از مخازن سدها، بهینه‌سازی منابع آب، پالایش پساب شهری و صنعتی با گیاه آلوورا، پردازش تصویر، پساب تصفیه‌خانه فاضلاب، پساب خام، پساب صنعتی، پوشش انهار، پیش‌بینی عملکرد، پیش‌خیساندن بذر، تابع تولید، تراکم بذر در خزانه، تعداد دفعات آبیاری، تغییر کاربری، تغییرات الگوی کاشت، تغییرات شوری منابع آب زیرزمینی، تغییرات کیفیت آب، تغییرات نیازی آبی، تغییرپذیری و تفاوت‌های منطقه‌ای، تک آبیاری، تلفات تبخیر و باد بردگی، تناسب اراضی، تناوب آب شور با آب رودخانه، تناوب خشکی و رطوبت، تنش سرما، تنش کادمیوم، تنش کودی، تنظیم کننده رشد، تهویه آب، برچسب بهره‌وری آب، توده، توسعه‌ی مشارکتی فناوری (PTD)، توصیه‌ی کودی، جایگزینی کشت، داده‌های بهنگام هواشناسی، دانش و آگاهی مشتریان، دبی چاه، دوره آموزشی رفتار مصرف آب، زهکشی، راندمان انتقال، راندمان توزیع، رد پای اکولوژیک آب، کشت گلخانه‌ای، روزهای استفاده از چاه، آبیاری زیرزمینی کوزه‌ای، روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، رویکرد به هم پیوسته آب، انرژی و غذا، زمان آبیاری، زهکشی زیرزمینی، ساختمان سبز، سطح زیر کشت، زولیت، سن بوته، سن درختان، سن باروری درختان، سیاست‌گذاری، سیستم‌های آبیاری کم مصرف، سیستم تغذیه‌ای شیمیایی و آلی، سیستم هشدار سریع خشکسالی، بهره‌وری آب باران، کارایی مصرف آب و نور، کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب، شخم بعد از آبیاری، شخم حفاظتی، شدت جریان، عوامل مؤثر بر گسترش الگوی کشت، شوری خاک، طرح‌های تعادل بخشی آب زیرزمینی، عصاره کنوکارپوس، عمق جایگذاری نوار آبیاری، عوامل ترویجی، عوامل زراعی محدود کننده، فسفر، فیلم پلاستیکی، قوانین کارآمد، قیمت‌گذاری آب، کارایی اقتصادی مصرف آب، روی، کاهش آب، کشت پاییزه، کشت نیمه‌خشک، کشت‌های تاخیری، کم‌آبی، کم آبیاری با آب دریا، کمپوست آزولا، کمپوست نیشکر، کم‌خاکورزی، کوتاه کردن جریان آب، کود، کود آلی، کود کمپوست، کود کندرها، کود گاوی، کود مرغی، کود و خاک، گلخانه‌ای، گیاهان مقاوم به شوری، لایسمترهای وزنی تمام اتوماتیک قابل حمل، لجن فاضلاب، مالچ گیاهی، مایکوریز، مبارزه اصولی با آفات و علف هرز، محدودیت آبی، محدودیت کمی آب، محدودیت کیفی آب، محدودیت منابع آب، محل کارگذاری مالچ پلاستیکی، محلول پاشی سلنیوم، محلول پاشی نانو ذرات سیلیکا، محلول پاشی متانول، محلول پاشی با نانو ذرات سیلیس، مدت زمان آبیاری، DSSAT، مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها، مدیریت به‌زراعی، ارتفاع غرقاب، مدیریت بحران آب، مدیریت تغذیه‌ای، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، مدیریت زمان در مزرعه، مدیریت سطح ایستایی، مدیریت صحیح رطوبتی مزرعه، مدیریت منابع آب زیرزمینی، مدیریت نامناسب کشاورزان، مدیریت یکپارچه خاک و آب در مقیاس مزرعه، مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری، مدیریت مزرعه، مساحت مزارع، مسائل مهندسی سامانه آبیاری، مستندسازی مدیریت‌های زراعی مؤثر، مشارکت عمومی، مطالعات مدیریت منابع آب، منابع مطمئن آبیاری، مناطق مستعد کشت، موانع آموزشی ترویجی، میزان بذر مصرفی، AGWAT، نسبت آب مورد نیاز به آب موجود، نصب وسایل و تجهیزات مصرف آب، نگرش جامع منابع آب، نهاد آب، هرس، هزینه سم، هزینه کود، همیاری جمعی، هیدروپلیتیک، هیدرومدول واقعی، یکپارچه سازی راضی |

کاشته شوند. همچنین، خوش سیما و نوری (۱۳۹۸) تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و صفات زراعی سه هیبرید ذرت را بررسی کردند و طریق‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) به تحلیل اثر توأم تنش سرما و خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در برخی هیبریدهای ذرت پرداختند.

در «سامانه‌های آبیاری و زهکشی» می‌توان به پژوهش‌های زمانی سپهوند و همکاران (۱۴۰۲) اشاره کرد که به برآورد تلفات تبخیر و بادبردگی در سامانه‌های آبیاری بارانی پرداخته‌اند. همچنین، رضایی خرمانی و همکاران (۱۴۰۱) تأثیر سامانه آبیاری فیتله‌ای بر بهره‌وری آب و برخی صفات رشد گیاه گوجه‌فرنگی را ارزیابی کرده و کمترین حجم مصرف آب در این سامانه با قطر فیتله یک سانتیمتر را به میزان ۵۲/۵۳ لیتر در بوته گزارش کرده‌اند. علاوه بر این، اروندی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی چشم‌انداز آبیاری چگالشی در بهبود بهره‌وری آب پرداخته‌اند.

نمونه مطالعات برای «اقلیم و تغییرات اقلیمی» می‌توان به تحقیقات افشاری پور و همکاران (۱۴۰۲) که به بررسی تغییرات نیاز آبی محصولات زراعی دشت جیرفت تحت تأثیر تغییر اقلیم پرداختند، اکبری و صیاد (۱۴۰۰) تحلیل مطالعات تغییر اقلیم در ایران را انجام دادند و نیکبخت شهبازی (۱۳۹۷) میزان تغییرات بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی تحت تأثیر تغییر اقلیم را بررسی نمودند، اشاره نمود.

در «آموزش، اطلاع رسانی و ترویج» می‌توان به تحقیقات فرح‌زا و نظری (۱۳۹۹) که به واکاوی نیازهای آموزشی کشاورزان دارای سامانه آبیاری سطحی در راستای بهبود بهره‌وری آب پرداختند، رجاییان و همکاران (۱۳۹۷) طراحی دوره آموزشی رفتار مصرف آب مبتنی بر روش یادگیری معکوس را انجام دادند و میخک و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل موانع آموزشی-ترویجی توسعه کشت محصولات مقاوم که آبی پرداختند. اشاره کرد. برای «مدل و مدل‌سازی»، می‌توان به پژوهش‌های مختلفی اشاره کرد.

ضیایی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی مکانی عملکرد و شاخص بهره‌وری آب باران در گندم دیم با استفاده از مدل AquaCrop-GIS پرداختند و شهرستان کامیاران را به‌عنوان مستعدترین منطقه با میانگین شاخص بهره‌وری آب معادل ۰/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب شناسایی کردند. مازندرانی‌زاده و کوهی (۱۴۰۱) اثربخشی سناریوهای احیای آبخوان مشهد را با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها تحلیل کردند.

همچنین، اگدرنژاد و همکاران (۱۳۹۷) برنامه‌ریزی آبیاری کلزا را با استفاده از مدل AquaCrop انجام دادند. نمونه مطالعات برای «فناوری و تکنولوژی» می‌توان به تحقیقات برومند و زارعی (۱۴۰۰) که به طراحی و ساخت میکروولایسیمتر وزنی تمام اتوماتیک با سیستم

گروه‌بندی انجام شده و عامل‌های هر یک از آن‌ها در جدول (۵) ارائه شده است. در زمینه «مدیریت منابع آب»، تحقیقات شامل بررسی خاتمی و همکاران (۱۴۰۱) بر مدیریت منابع آب در ایران و جهان، میرزایی ارجنکی و همکاران (۱۴۰۰) بر مدیریت آب زیرزمینی و نیاز آبی محصولات کشاورزی (با برآورد ۲۷۸/۸۹ میلیون مترمکعب در سال)، و رضوی و داوری (۱۳۹۲) که به نقش آب مجازی در مدیریت منابع آب پرداخته‌اند، می‌باشد.

در زمینه «مدیریت آبیاری (کم‌آبیاری، دیم) و زهکشی»، تحقیقات شامل بررسی محتشمی (۱۴۰۲) که با دو بار آبیاری تکمیلی بهره‌وری آب را از ۰/۲۱ به ۰/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب بهبود داد، دهقانی احمدآبادی و همکاران (۱۴۰۰) که تأثیر مدیریت آبیاری بر رشد و بهره‌وری آب ذرت را بررسی کردند، و رجیبی و همکاران (۱۴۰۰) که دریافتند حداکثر بهره‌وری آب با کاهش ۱۵ درصدی آب مصرفی در گندم حاصل شد. همچنین، قاسمی نصر و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی اثر دو دوره زهکشی میان فصل بر پارامترهای رشد برنج پرداخته‌اند.

در «مدیریت کشت و کاشت» می‌توان به پژوهش‌های قلخانی و همکاران (۱۴۰۱) که اثر روش و تاریخ کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و خصوصیات ریخت‌شناسی دو رقم ذرت دانه‌ای را بررسی کردند، اشاره کرد. بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه و ماده خشک به ترتیب ۱/۴۹ و ۳/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب از رقم ۷۰۴ در تاریخ ۲۰ تیر به دست آمد.

همچنین، طالب‌نژاد و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی کشت زمستانه دانه روغنی کاملینا پرداختند، و مکاری و طاهریان (۱۳۹۹) اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب ارزن دانه‌ای را بررسی نمودند. در این پژوهش، بیشترین بهره‌وری آب به میزان ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار ۱۰٪ نیاز آبی و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع مشاهده شد. برای مطالعات «مدیریت کوددهی و تغذیه»، می‌توان به تحقیق سعیدی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) اشاره کرد که اثرات کمپوست و بیوجار بر ذرت علوفه‌ای را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیوجار باعث افزایش عملکرد خشک به میزان ۲۷/۰۶ درصد، عملکرد تر ۲۹/۷۸ درصد، بهره‌وری بیولوژیک ۳۶/۴۱ درصد و بهره‌وری تر ۴۶/۰۱ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون تنش آبی شد. همچنین، موسوی و همکاران (۱۳۹۹) کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های ریشه کاسنی را ارزیابی کردند و مهدی‌نیا افرا و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی سیستم‌های تغذیه‌ای شیمیایی و آلی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ارقام برنج پرداختند.

برای «تنش‌های محیطی»، می‌توان به پژوهش‌های اکرامی و همکاران (۱۴۰۰) اشاره کرد که برای کاهش آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی توصیه کردند که در مناطق خشک، درختان کم‌آبخواه مانند بادام (با نیاز آبی ۷۵۳ میلی‌متر) و انگور (با نیاز آبی ۷۹۸ میلی‌متر)

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و کارایی مصرف آب را مورد مطالعه قرار دادند.

بالاترین کارایی مصرف آب برابر با ۳/۵ کیلوگرم بر مترمکعب برای تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی با پساب گزارش شد. در «سیاست‌گذاری» می‌توان به تحقیقات احمدی و همکاران (۱۴۰۱) که به بررسی آثار سیاست خرید تضمینی محصولات کشاورزی بر آب مجازی پرداختند، اسلامی و رحیمی (۱۳۹۸) سیاست‌گذاری و بحران آب در ایران را ارزیابی نمودند و طرفدار و همکاران (۱۳۹۷) بررسی ارتقاء بهره‌وری بخش کشاورزی در ایران از طریق افزایش قیمت آب آبیاری را انجام دادند، اشاره کرد.

ثبت اطلاعات و اطلاع رسانی از راه دور پرداختند، جهان و همکاران (۱۴۰۰) اثر هیدروژل سوپرچادب رطوبت بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک لوبیا، کنجد و ذرت در شرایط خشکی را مورد بررسی قرار دادند، متانت و همکاران (۱۳۹۹) تاثیر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه تربچه جهت بهبود بهره‌وری آب را انجام دادند، اشاره نمود. برای «آب‌های نامتعارف» می‌توان به مطالعات خوش‌روش و پورغلام آمیچی (۱۴۰۲) اشاره کرد که تأثیر آبیاری با پساب مغناطیسی بر خصوصیات شیمیایی خاک، بهره‌وری آب و جذب فلزات سنگین را بررسی کردند. همچنین، جمالی و همکاران (۱۳۹۸) امکان‌سنجی استفاده از آب دریای خزر برای آبیاری گیاه اسفناج را انجام دادند و عامریان و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر آبیاری با پساب بر

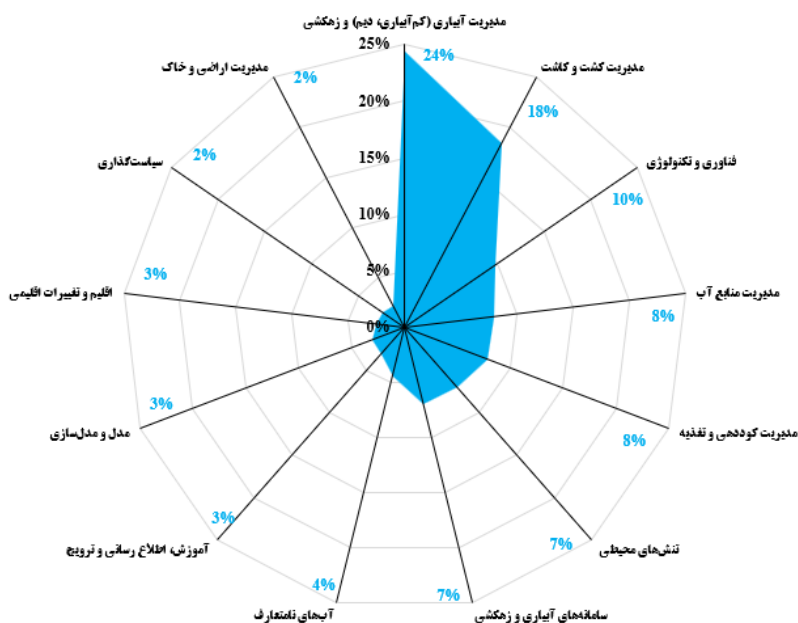
### جدول ۵- گروه‌بندی عوامل موثر بر بهره‌وری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک

| ردیف | گروه اصلی                              | واژگان کلیدی   |
|------|--|--|
| ۱    | مدیریت منابع آب                        | آب مجازی، نیاز آبی، بهره‌وری آب، بهره‌وری اقتصادی، ردیابی آب، بهره‌وری فیزیکی، مدیریت بهینه آب، اقدامات فنی-زیرساختی، الگوی زیست جمعی، انتقال آب به وسیله لوله، بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها، بهینه‌سازی منابع آب، پوشش انهار، راندمان انتقال، راندمان توزیع، ردیابی اکولوژیک آب، روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، رویکرد به هم پیوسته آب، انرژی و غذا، ساختمان سبز، بهره‌وری آب باران، کارایی مصرف آب و نور، کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب، کارایی اقتصادی مصرف آب، کوتاه کردن جریان آب، مدیریت منابع آب زیرزمینی، مدیریت یکپارچه خاک و آب در مقیاس مزرعه، مطالعات مدیریت منابع آب، نسبت آب مورد نیاز به آب موجود، نگرش جامع منابع آب، نهاد آب   |
| ۲    | مدیریت آبیاری (کم‌آبیاری، دیم) و زهکشی | کم‌آبیاری، سطوح آبیاری، کم‌آبیاری بخشی ریشه، مدیریت آبیاری، دور آبیاری، کم‌آبیاری تنظیم شده، آبیاری تکمیلی، آبیاری تناوبی، کم‌آبیاری بخشی ریشه ثابت، برنامه‌ریزی آبیاری، مدیریت کم‌آبیاری، کم‌آبیاری بخشی ریشه متناوب، تبخیر تعرق گیاه مرجع، حجم آب آبیاری، عمق آبیاری، کم‌آبیاری متناوب، آبیاری پالسی، اثر کمی آب آبیاری، تبخیر و تعرق، تئوری الاستیسیته، اثر کیفی آب آبیاری، اصلاح الگوی آبیاری، آب سبز، آبیاری کمکی، تبخیر و تعرق واقعی، تعداد دفعات آبیاری، تک آبیاری، تناوب خشکی و رطوبت، تهویه آب، داده‌های بهنگام هواشناسی، دبی چاه، روزهای استفاده از چاه، زمان آبیاری، شدت جریان، عمق جایگذاری نوار آبیاری، کشت نیمه‌خشک، مدت زمان آبیاری، ارتفاع غرقاب، مدیریت زمان در مزرعه، مدیریت سطح ایستابی، مدیریت صحیح رطوبتی مزرعه، منابع مطمئن آبیاری، هیدرومدول واقعی، قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی، نوع آب، کیفیت آب                    |
| ۳    | مدیریت اراضی و خاک                     | خاک‌ورزی، رطوبت خاک، بستر کشت، کیفیت خاک، بافت خاک، تغییر کاربری، تغییرپذیری و تفاوت‌های منطقه‌ای، تناسب اراضی، شخم حفاظتی، کم‌خاک‌ورزی، مناطق مستعد کشت، یکپارچه سازی راضی  |
| ۴    | مدیریت کشت و کاشت                      | رقم، تاریخ کاشت، الگوی کشت، ضرایب گیاهی، گونه، روش کاشت، لاین، کشت مخلوط، تراکم بوته، آرایش کاشت، علف هرز، گیاهان مقاوم به خشکی، اصلاح الگوی کشت، تناوب زراعی، تولید برنج توأم با پرورش اردک، ژنوتیپ، سیستم کشت، کشت نشایی، هیبرید، نظام زراعی، کشت محصولات با نیاز آبی کم، کشت زمستانه، کلون، اقدامات زراعی-مدیریتی، الگوی توسعه کشت، ایجاد حصار یا بادکش، آفات و بیماری‌ها، تراکم بذر در خزانه، تغییرات الگوی کاشت، توده، جایگزینی کشت، کشت گلخانه‌ای، سطح زیر کشت، سن بوته، سن درختان، سن باروری درختان، شخم بعد از آبیاری، شدت نور، عوامل مؤثر بر گسترش الگوی کشت، عوامل زراعی محدود کننده، کشت پاییزه، کشت‌های تاخیری، گلخراپی، گیاهان مقاوم به شوری، مبارزه اصولی با آفات و علف هرز، محل کارگذاری مالچ پلاستیکی، مدیریت به‌زراعی، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، مدیریت‌های زراعی، مدیریت مزرعه، مساحت مزارع، میزان بذر مصرفی، هرس، هزینه سم |
| ۵    | مدیریت کوددهی و تغذیه                  | کود نیتروژن، اوره، کود پتاسیم، ورمی کمپوست، کود دامی، کود شیمیایی، سالیسیلیک اسید، مدیریت کوددهی، اسید هیومیک، کودآبیاری، القاکننده رشد، تنظیم‌کننده رشد، توصیه‌ی کودی، سیستم تغذیه‌ای شیمیایی و آلی، فسفر، روی، کمپوست آزولا، کمپوست نیشکر، کود، کود آلی، کود کمپوست، کود کندرها، کود گاوی، کود مرغی، کود و خاک، مدیریت تغذیه‌ای، هزینه کود   |
| ۶    | تنش‌های محیطی                          | تنش آبی، تنش خشکی، تنش شوری، شوری آب، خشکسالی، تغییرات شوری خاک، خاک شور، محدودیت آبیاری، تغییرات شوری منابع آب زیرزمینی، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، تغییرات کمیت آب، تغییرات کیفیت آب، تنش سرما، تنش کادمیوم، تنش کودی، شوری خاک، کاهش آب، کم‌آبی، محدودیت آبی، محدودیت کمی آب، محدودیت کیفی آب، محدودیت منابع آب   |
| ۷    | سامانه‌های آبیاری و زهکشی              | روش آبیاری، سامانه آبیاری، آبیاری نوین، آبیاری زیر سطحی، آبیاری تحت‌فشار، راندمان آبیاری، آبیاری قطره‌ای، آبیاری چگالشی، آبیاری زیرزمینی، آبیاری فیتله‌ای، تلفات تبخیر و بادبردگی، زهکشی، آبیاری زیرزمینی کوزه‌ای، زهکشی زیرزمینی، سیستم‌های آبیاری کم مصرف، مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری، مسائل مهندسی سامانه آبیاری   |
| ۸    | اقلیم و تغییرات اقلیمی                 | تغییر اقلیم، اقلیم، تغییرات بارندگی، تغییرات تبخیر و تعرق، تغییرات نیازی آبی   |
| ۹    | آموزش، اطلاع رسانی و ترویج             | دانش کشاورزان، آموزش کشاورزان، تحصیلات زارعین، پذیرش فناوری‌های نوین، اطلاع رسانی و آگاهی بخشی، کاتالوگ‌های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی، برجسب بهره‌وری آب، دانش و آگاهی مشتریان، دوره آموزشی رفتار مصرف آب، عوامل ترویجی، مدیریت نامناسب کشاورزان، مستندسازی مدیریت‌های زراعی مؤثر، مشارکت عمومی، موانع آموزشی ترویجی، همیاری جمعی   |

| ردیف | گروه اصلی         | واژگان کلیدی   |
|------|-------------------|--|
| ۱۰   | مدل و مدل سازی    | AGWAT، DSSAT، مدل سازی پویایی سیستم ها، WOFOST، SWAP، ORYZA، AquaCrop-GIS، AquaCrop  |
| ۱۱   | فناوری و تکنولوژی | سوپر جاذب رطوبت، آب مغناطیسی، بیوچار، سنجش از دور، مالچ، سطوح آبیگر باران، مالچ آلی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، مالچ پلاستیکی، پرایمینگ بذری، مکانیزاسیون، مکمل های آبیاری، مواد اصلاح کننده خاک، خاکپوش، اصلاح کننده های طبیعی خاک، مواد آلی، باکتری های افزاینده رشد گیاه، باگاس، پالایش پساب شهری و صنعتی با گیاه آلوورا، پردازش تصویر، پیش خیساندن بذری، زئولیت، سیستم هشدار سریع خشکسالی، عصاره کنوکارپوس، فیلم پلاستیکی، مالچ گیاهی، محلول پاشی با نانو ذرات سیلیس، محلول پاشی سلنیوم، محلول پاشی نانو ذرات سیلیکا، محلول پاشی متانول، مایکوریز، نصب وسایل و تجهیزات مصرف آب، لایسیمترهای وزنی تمام اتوماتیک قابل حمل |
| ۱۲   | آب های نامتعارف   | آب شور، استفاده تلفیقی از آب دریا، آبیاری تناوبی نیم در میان آب شور و شیرین، آبیاری تناوبی یک در میان آب شور شیرین، پساب مغناطیسی، اختلاط آب شور و شیرین، پساب شهری، فاضلاب تصفیه شده، پساب تصفیه شده، اختلاط آب چاه با پساب، اختلاط آب شور با رودخانه، اختلاط آب و پساب تصفیه شده، اختلاط فاضلاب تصفیه شده و آب شور، آب شور مغناطیسی، اختلاط آب چاه با فاضلاب تصفیه شده، آب شور، پساب تصفیه خانه فاضلاب، پساب خام، پساب صنعتی، تناوب آب شور با آب رودخانه، کم آبیاری با آب دریا، لجن فاضلاب   |
| ۱۳   | سیاست گذاری       | قیمت آب، خرید تضمینی محصولات کشاورزی، توسعه فعالیت کشاورزی پایدار، سهمیه بندی آب، ارزش واحد آب، اعمال تعرفه های متناسب با شرایط، امنیت آب، آمایش سبز، توسعه مشارکتی فناوری (PTD)، سیاست گذاری، طرح های تعادل بخشی آب زیرزمینی، قوانین کارآمد، قیمت گذاری آب، مدیریت بحران آب، هیدروپلیتیک  |

«مدیریت اراضی و خاک» با بسامد ۲۴، ۱۸، ۱۰، ۸، ۷، ۴، ۳، ۳، ۲ و ۲ درصد بوده است. در مجموع بیش از یک دوم تکرار عوامل (۵۶ درصد) در چهار گروه اول تمرکز یافته است. مباحث «آموزشی، اطلاع رسانی و ترویج» و «سیاست گذاری» با اینکه اهمیت بسیار بالایی دارند اما به اندازه کافی مورد توجه نبوده اند و در مقابل ابعاد «فناوری و تکنولوژی» بیشتر مورد توجه و تمرکز بوده است. درصد بسامد گروه های اصلی موثر بر بهره وری آب در مناطق خشک و نیمه خشک در شکل (۴) ارائه شده است.

با بررسی و ارزیابی درصد بسامد گروه های اصلی موثر بر بهره وری آب در مناطق خشک و نیمه خشک می توان نتیجه گرفت که بیشترین تکرار در مطالعات انجام شده به ترتیب مربوط به گروه «مدیریت آبیاری (کم آبیاری، دیم) و زهکشی»، «مدیریت کشت و کاشت»، «فناوری و تکنولوژی»، «مدیریت منابع آب»، «مدیریت کوددهی و تغذیه»، «تنش های محیطی»، «سامانه های آبیاری و زهکشی»، «آب های نامتعارف»، «آموزش، اطلاع رسانی و ترویج»، «مدل و مدل سازی»، «اقلیم و تغییرات اقلیمی»، «سیاست گذاری» و



شکل ۴- درصد بسامد گروه های اصلی موثر بر بهره وری آب در مناطق خشک و نیمه خشک

آب در مناطق خشک و نیمه خشک، کمک می کند تا آگاهی بهره برداران در این زمینه بهبود و ارتقا یابد و عوامل شناسایی شده به طور کارآمد و اثربخش در بستر بهبود بهره وری آب و کاهش مصرف

## نتیجه گیری

این پژوهش ضمن غنی کردن ادبیات تحقیق در حوزه بهره وری

علوم کشاورزی و منابع طبیعی. (۱)۶: ۳۵-۵۰.  
برومند، س. و زارعی، ع. ۱۴۰۰. طراحی و ساخت میکرو لایسیمتر  
وزنی تمام اتوماتیک با سیستم ثبت اطلاعات و اطلاع رسانی از  
راه دور. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران.  
۱۱(۴): ۳۳۱-۳۴۳.

جمالی، ص.، سجادی، ف. و هزارجریبی، ا. ۱۳۹۸. امکان‌سنجی  
استفاده از آب دریای خزر جهت آبیاری گیاه اسفناج (*Spinacia*  
(*oleracea L.*). مدیریت آب و آبیاری. (۲)۹: ۲۶۳-۲۷۵.

جهان، م.، امیری، م.ب. ناصری آبکوه، ن. صالح آبادی، م. و جواد،  
م. ۱۴۰۰. اثر هیدروژل سوپرجاذب رطوبت بر عملکرد و برخی  
صفات فیزیولوژیک لوبیا، کنجد و ذرت در شرایط خشکی. مجله  
پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). (۲)۳۴: ۳۱۶-  
۳۳۰.

خاتمی، س.س.، بوزرجمهری، خ. زرین، آ. و فال سلیمان، م. ۱۴۰۱.  
واکاوی مطالعات مدیریت منابع آب در ایران و جهان. جغرافیا و  
مخاطرات محیطی. (۲)۱۱: ۲۵۱-۲۷۱.

خوش‌سیما، م. و نوری، ح. ۱۳۹۸. اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و  
صفات زراعی سه هیبرید ذرت (*Zea mays L.*) با استفاده از  
آبیاری قطره‌ای نواری. تحقیقات آب و خاک ایران. (۸)۵۰:  
۲۰۳۷-۲۰۴۹.

خوش‌روش، م. و پورغلام آمیجی، م. ۱۴۰۲. تأثیر آبیاری با پساب  
مغناطیسی بر خصوصیات شیمیایی خاک، بهره‌وری آب و جذب  
فلزات سنگین ذرت. تحقیقات آب و خاک ایران. (۶)۵۴: ۸۷۷-  
۸۹۳.

دهقانی احمدآبادی، م.، شاه‌نظری، ع. قدمی فیروز آبادی، ع. و  
اردکانی، م.ر. ۱۴۰۰. تأثیر مدیریت آبیاری بر رشد و بهره‌وری  
مصرف آب گیاه ذرت تحت سطوح مختلف بیوچار. مدیریت آب  
در کشاورزی. (۱)۸: ۶۷-۷۶.

رجاییان، ن.، کشتی‌ارای، ن. و نادری، م.ع. ۱۳۹۷. طراحی دوره  
آموزشی رفتار مصرف آب مبتنی بر روش یادگیری معکوس  
(پژوهش کیفی). تدریس پژوهی. (۴)۶: ۱۶۶-۱۸۸.

رجبی، م.، جلال کمالی، ن. و نقی زاده، م. ۱۴۰۰. اثر کم‌آبیاری بر  
عملکرد و بهره‌وری آب گندم مطالعه موردی (دشت  
بردسیر). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. (۳)۱۵: ۷۰۱-۷۰۹.

رضایی‌خرمنانی، م.، اکبری، م. و کوچک‌زاده، مهدی. ۱۴۰۱. تأثیر  
سامانه آبیاری فنیله‌ای بر بهره‌وری آب و برخی صفات رشد گیاه  
گوجه‌فرنگی در کشت گلخانه‌ای. پژوهش آب در کشاورزی.

آب مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این پژوهش می‌تواند به مدیران  
ارشد و تصمیم‌گیران در حوزه آب کمک کند که با درک جامع‌تر و  
برنامه‌ریزی دقیق‌تر، رویکرد موثرتری را برای بهبود وضعیت آب اتخاذ  
کنند. همچنین برای مطالعات آینده به محققان دیگر پیشنهاد می‌شود  
که سایر پایگاه‌های اطلاعاتی را که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار  
نگرفته است را بررسی نمایند و یا به بررسی و ارزیابی سایر عوامل  
موثر بر بهبود وضعیت آب با رویکرد فراترکیب بپردازند. این امر  
می‌تواند منجر به استخراج دانش مفید و جامع در علوم و مهندسی آب  
شود.

## منابع

احمدی، ز.، فتاحی، ا. و فهرستی ثانی، م. ۱۴۰۱. بررسی آثار سیاست  
خرید تضمینی محصولات کشاورزی بر آب مجازی (مطالعه  
موردی گندم در استان یزد). نشریه علمی پژوهشی مهندسی  
آبیاری و آب ایران. (۳)۱۲: ۳۰۲-۳۲۰.

اروندی، س.، شریفی، ف. و شاه‌نظری، ع. ۱۳۹۹. چشم‌انداز آبیاری  
چگالش‌ی در بهبود بهره‌وری آب. مهندسی و مدیریت آب‌خیز.  
(۲)۱۲: ۳۹۰-۴۰۴.

اسلامی، ر.ا. و رحیمی، ا. ۱۳۹۸. سیاست‌گذاری و بحران آب در ایران.  
سیاست‌های راهبردی و کلان. (۲۷)۷: ۴۱۰-۴۳۵.

افشاری پور، س.، امیری‌نژاد، م. رفیعی ساردوئی، ا. و سلیمانی، ا.ا.  
۱۴۰۲. بررسی تغییرات نیاز آبی محصولات زراعی دشت جیرفت  
تحت تأثیر تغییر اقلیم. نیوار. ۴۷: ۱-۱۶.

اکبری، م. و صیاد، و. ۱۴۰۰. تحلیل مطالعات تغییر اقلیم در  
ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. (۱)۵۳: ۳۷-۷۴.

اکرامی، م.، مهدوی، ر. رضایی، م. وقارفر، ح. و برخوردار، ج.  
۱۴۰۰. محاسبه نیاز آبی و ارائه الگوی کشت باغی کم‌آبخواه و  
سازگار با مناطق خشک، به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری خشکسالی  
کشاورزی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز پیشکوه استان یزد). نشریه  
علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. (۲)۱۲: ۳۱۴-۳۳۷.

اگدرنژاد، ا.، ابراهیمی پاک، ن.ع. تافته، آ. و احمدی، م. ۱۳۹۷.  
برنامه‌ریزی آبیاری کلزا با استفاده از مدل AquaCrop در دشت  
قزوین. مدیریت آب در کشاورزی. (۲)۵: ۵۳-۶۴.

بذرافشان، ج.، خلیلی، ع. زندپارسا، ش. سپاسخواه، ع. علیزاده، ا. و  
فرهودی، ج. ۱۴۰۰. بررسی اسنادی وضعیت منابع و مصرف‌های  
آب کشاورزی در ایران: واکاوی وضعیت موجود، آسیب‌شناسی و  
راه‌های برون‌رفت از چالش‌ها. مجله پژوهش‌های راهبردی در

۳۶(۳): ۲۹۹-۳۱۲.

رضوی، س.س. و داوری، ک. ۱۳۹۲. نقش آب مجازی در مدیریت منابع آب. آب و توسعه پایدار. ۱(۱): ۹-۱۸.

زمانی سپهوند، س.، تراپی پوده، ح. و نصرالهی، ع.ح. ۱۴۰۲. برآورد تلفات تبخیر و بادبردگی سامانه‌های آبیاری بارانی تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف بهره‌برداری (مطالعه موردی: طرح چغاهروشی خرم‌آباد). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۷(۱): ۱۲۹-۱۴۱.

سعیدی نیا، م.، موسوی، س.ح. و رحیمی مقدم، س. ۱۴۰۲. بررسی اثرات کمپوست و بیوجار بر ذرت علوفه‌ای تحت شرایط کم‌آبیاری و آبیاری قطره‌ای در منطقه خرم‌آباد. علوم و مهندسی آبیاری. ضیایی، غ.، بابازاده، ح. ابراهیمی پاک، ن.ع. تافته، آ. و افتخاری، ک. ۱۴۰۲. ارزیابی مکانی عملکرد و شاخص بهره‌وری آب باران در گندم دیم با استفاده از مدل AquaCrop-GIS (مطالعه موردی: استان کردستان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۷(۳): ۴۶۵-۴۷۷.

طالب نژاد، ر.، لر محمد حسنی، م. و سپاسخواه، ع. ۱۴۰۰. کشت زمستانه دانه روغنی کاملینا تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه باجگاه استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۵(۵): ۱۰۸۱-۱۰۹۱.

طرفدار، م.، عسکری، م.م. و گریگوریان، ک. ۱۳۹۷. ارتقاء بهره‌وری بخش کشاورزی در ایران از طریق افزایش قیمت آب آبیاری (مطالعه موردی: منطقه کاشان). پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی. ۲۳(۳): ۷۳-۸۸.

طریق الاسلامی، م.، کافی، م. نظامی، ا. و ضرغامی، ر. ۱۳۹۶. اثر توأم تنش سرما و خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب برخی از هیبریدهای ذرت (*Zea mays L.*). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴۳(۳): ۵۳۱-۵۴۶.

عامریان، م.، هاشمی گرم دره، س.ا. و قربانی جاوید، م. ۱۳۹۸. تأثیر کم آبیاری و آبیاری با پساب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و کارایی مصرف آب در منطقه پاکدشت. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳(۳): ۸۲۱-۸۳۱.

عباسی، ف. عباسی، ن. و توکلی، ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. آب و توسعه پایدار. ۴(۱): ۱۴۱-۱۴۴.

فرح‌زاد، م.ن. و نظری، ب. ۱۳۹۹. واکاوی نیازهای آموزشی کشاورزان دارای سامانه آبیاری سطحی در راستای بهبود بهره‌وری آب

(مطالعه موردی: استان قزوین). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۲): ۴۱۴-۴۲۵.

قاسمی نصر، م.، کاراندیش، ف. درزی نفت چالی، ع. و مختصی بیدگلی، ع. ۱۳۹۴. اثر دو دوره زهکشی میان فصل بر پارامترهای رشد دو رقم برنج. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۴): ۴۱۹-۴۳۱.

قلخانی، ا.، پاکنژاد، ف.، ماهرخ، ع. اردکانی، م.ر. و گل زردی، ف. ۱۴۰۱. اثر روش و تاریخ کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و خصوصیات ریخت‌شناسی دو رقم ذرت دانه. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۳۲(۱): ۱-۱۶.

قوچانیان، م.، انصاری، ح. و فشائی، م. ۱۳۹۸. ارتقای بهره‌وری مصرف آب در محصول گندم تحت سناریوهای آبیاری مختلف با استفاده از مدل Aquacrop (مطالعه موردی مشهد). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳(۳): ۶۵۷-۶۶۶.

کریمی، م. و جلینی، م. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد (یادداشت فنی)، آب و توسعه پایدار. ۴(۱): ۱۳۳-۱۳۸.

مازندرانی‌زاده، ح. و کوهی، س. ۱۴۰۱. تحلیل اثربخشی سناریوهای احیای آبخوان مشهد با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها. تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۳(۳): ۵۲۷-۵۴۱.

مناونت، م.، بانژاد، ح. گلدانی، م. و قلی‌زاده، م. ۱۳۹۹. تأثیر آب مغناطیسی و پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه تربچه جهت بهبود بهره‌وری آب. مدیریت آب در کشاورزی. ۷(۱): ۱۰۹-۱۲۰.

محتشمی، ر. ۱۴۰۲. ارزیابی عملکرد ارقام کلزا در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۷(۴): ۳۵۳-۳۶۷.

محمدیان، ا.، حیدری دهوئی، ج. و قربانی، ع.ر. ۱۳۹۹. شناسایی و دسته‌بندی کاربردهای تحلیل داده فناوری اینترنت اشیا در توسعه کشاورزی هوشمند با استفاده از روش فراترکیب. مدیریت اطلاعات. ۶(۱): ۱-۲۳.

مرادی نژاد، ا. و اسلامپور، س.ر. ۱۳۹۷. افزایش بهره‌وری آب با اصلاح الگوی آبیاری و یکپارچه سازی اراضی. مدیریت آب در کشاورزی. ۵(۱): ۵۹-۷۰.

مکاری، م. و طاهریان، م. ۱۳۹۹. بررسی اثر کم‌آبیاری بخشی ریشه در مقادیر مختلف آب آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب ارزن دانه‌ای در منطقه خشک کاشمر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۴): ۱۴۷۵-۱۴۸۶.

مهدی نیا افرا، ج.، نیک نژاد، ی. فلاح آملی، ه. و براری تاری، د.

- to the biofuel supply chain: Systematic review and meta-synthesis. *Environmental Development*. 100927.
- Deng, X.P., Shan, L., Zhang, H. and Turner, N.C. 2006. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. *Agricultural water management*. 80(1-3): 23-40
- Heydari, N. 2014. Water productivity in agriculture: challenges in concepts, terms and values. *Irrigation and drainage*. 63(1): 22-28.
- Higgins, J. P. T., & Green, S. (Eds.). (2011). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Wiley.
- Hoon, C. 2013. Meta-synthesis of qualitative case studies: An approach to theory building *Organizational Research Methods*. 16(4): 522-556.
- Jabeen, M., Ahmed, S.R. and Ahmed, M. 2022. Enhancing water use efficiency and grain yield of wheat by optimizing irrigation supply in arid and semi-arid regions of Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 29(2): 878-885.
- Lachal, J., Revah-Levy, A., Orri, M., & Moro, M. R. 2017. Metasynthesis: An original method to synthesize qualitative literature in psy-chiatry. *Frontiers in Psychiatry*. 8: 269.
- Marston, L.T., Lamsal, G., Ancona, Z.H., Caldwell, P., Richter, B.D., Ruddell, B.L., Rushforth, R.R. and Davis, K.F. 2020. Reducing water scarcity by improving water productivity in the United States. *Environmental Research Letters*, 15(9): 094033.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J. and Bota, J. 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 35: 499-517.
- Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R. and Makin, I. 2003. A water-productivity framework for understanding and action. In *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement* (pp. 1-18). Wallingford UK: Cabi Publishing.
- Nangia, V. and Yadava, N.D., 2016. Improving water productivity in dry areas. *Annals of Arid Zone*. 55(3): 63-66.
- Saad, A.M., Elhabbak, A.K., Abbas, M.H., Mohamed, I., AbdelRahman, M.A., Scopa, A. and Bassouny, M.A., 2023. Can deficit irrigations be an optimum solution for increasing water productivity under arid conditions? A case study on wheat plants. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), p.103537.
- Safi, A.R., Karimi, P., Mul, M., Chukalla, A. and De Fraiture, C. 2022. Translating open-source remote
۱۳۹۸. ارزیابی سیستم‌های تغذیه‌ای شیمیایی و آلی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ارقام برنج (*Oryza sativa L.*) تحت شرایط تنش کم آبیاری. *علوم به زراعی گیاهی*. ۱۶۱۱۷۴: (۲)۹.
- موسوی، س.غ.، فاضلی رستم پور، م.، جوادی، ح. و مالکی، م. ۱۳۹۹. تاثیر رژیم آبیاری، محلول‌پاشی متانول و کاربرد اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های ریشه کاسنی (*Cichorium intybus L.*) اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۲(۴۳): ۲۰-۳۴.
- میخک، ح.، رحیمیان، م. و غلامرضایی، س. ۱۳۹۷. تحلیل موانع آموزشی- ترویجی توسعه کشت محصولات مقاوم به کم‌آبی در شهرستان خرم‌آباد. ۱۱(۳): ۲۹-۴۰.
- میرزایی ارجنکی، س.ی.، شخی بگلری، پ. و چیت سازان، م. ۱۴۰۰. مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت میان‌آب شوشتر با تأکید بر نیاز آبی محصولات کشاورزی با استفاده از مدل‌سازی آب زیرزمینی. *هیدروژئولوژی*. ۶(۱): ۸۴-۹۸.
- نادری عارفی، ع. و قربانی نصرآباد، ق. ۱۴۰۱. تعیین آب مصرفی و بهره‌وری آب ارقام تجاری پنبه. پژوهش‌های پنبه ایران. ۱۰(۱): ۱۴۹-۱۷۲.
- نمازی، م. و مصلی‌نژاد، آ. ۱۴۰۰. شاخص‌های حسابداری مدیریت آب: رهیافت فراترکیب و فن ارزیابی متوازن. تحقیقات حسابداری و حسابرسی. ۱۳(۴۹): ۵-۳۰.
- نیکبخت شهبازی، ع. ۱۳۹۷. بررسی میزان تغییرات بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در استان خوزستان تحت تأثیر تغییر اقلیم. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. ۲۵(۶): ۱۲۳-۱۳۹.
- Ali, M.H. and Talukder, M.S.U. 2008. Increasing water productivity in crop production—A synthesis. *Agricultural water management*. 95(11): 1201-1213.
- Asres, L.A. 2023. Alternative Techniques of Irrigation Water Management for Improving Crop Water Productivity. *Reviews in Agricultural Science*. 11: 36-53.
- Blanchy, G., Bragato, G., Di Bene, C., Jarvis, N., Larsbo, M., Meurer, K. and Garré, S. 2023. Soil and crop management practices and the water regulation functions of soils: a qualitative synthesis of meta-analyses relevant to European agriculture. *Soil*. 9(1): 1-20.
- Cai, X.M. and Rosegrant, M.W. 2003. World water productivity: current situation and future options. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. 163-178.
- de Abreu, M.R. and Machado, R.L. 2023. Water-energy-food-land nexus challenges and contributions

- Scintillometer and Remote Sensing-Based SETMI Model. *Water*. 16(3): 422.
- Wakchaure, G.C., Minhas, P.S., Kumar, S., Khapte, P.S., Dalvi, S.G., Rane, J. and Reddy, K.S. 2023. Pod quality, yields responses and water productivity of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as affected by plant growth regulators and deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 282, p.108267.
- Yang, P., Wu, L., Cheng, M., Fan, J., Li, S., Wang, H. and Qian, L. 2023. Review on Drip Irrigation: Impact on Crop Yield, Quality, and Water Productivity in China. *Water*. 15(9): 1733.
- sensing data to crop water productivity improvement actions. *Agricultural Water Management*. 261: 107373.
- Salehi, M. 2022. Global water shortage and potable water safety; Today's concern and tomorrow's crisis. *Environment International*. 158: 106936.
- Sandelowski, Margarete; & Barroso, Julie. 2007. *Handbook for Synthesizing Qualitative Research*. Springer Publishing Company.
- Singh, P., Sehgal, V.K., Dhakar, R., Neale, C.M., Goncalves, I.Z., Rani, A., Jha, P.K., Das, D.K., Mukherjee, J., Khanna, M. and Dubey, S.K. 2024. Estimation of ET and Crop Water Productivity in a Semi-Arid Region Using a Large Aperture

## Systematic Investigation of the Scope of Factors Affecting Water Productivity in Arid and Semi-Arid Regions to Reduce Water Consumption: A Meta-Synthesis Study

M.N. Farahza<sup>1</sup>, B. Nazari<sup>2\*</sup>, M.R. Nikoo<sup>3</sup>

Received: Jul.08, 2023

Accepted: Aug.15, 2024

### Abstract

Freshwater resources deficit and pressure on water resources is a global concern, especially in arid and semi-arid regions. This study was conducted with the aim of efficient use of water to reduce water consumption and achieve the goals of sustainable development and environmental sustainability. Sandelowski and Barroso's method was used in this research. For the purpose, 380 articles published in reliable domestic scientific journals and presented in the scientific databases of Google Scholar, SID, Magiran, Elmnet, and Noormags were used from the years 2000 to 2024. A total of 308 effective factors were identified and divided into 13 main groups. The evaluations showed that the most repetitions in water productivity studies in arid and semi-arid regions are respectively related to the factors of "Deficit Irrigation", "Irrigation Levels", "Cultivar", "Irrigation Method", "Partial Root-Zone Drying", "Irrigation Management", "Nitrogen Fertilizer", "AquaCrop", "Super Absorbent Polymer" and "Water Stress" were repeated with the frequency of 41, 40, 35, 19, 18, 17, 17, 17, 16 and 14; in the main groups, respectively, "Irrigation Management (Deficit Irrigation, Rainfed) and Drainage", "Cultivation and Planting Management", "Technology", "Water Resources Management", "Fertilization Management and Nutrition", "Environmental Stresses", "Irrigation and Drainage Systems", "Unconventional Waters", "Education, Information and Extension", "Model and Modelling", "Climate and Climate Changes", "Policymaking" and "Land and Soil Management" with frequency 24, 18, 10, 8, 8, 7, 7, 4, 3, 3, 3, 2 and 2 percent. In totality, more than half of the frequency of factors is concentrated in the first four groups. "Education, Information and Extension" and "Policymaking" topics, although they are very important, have not been given enough attitude, on the other hand, the aspects of "Technology" have received more focus. This comprehensive analysis has created a basis for adopting appropriate measures for water productivity in arid and semi-arid regions.

**Keywords:** Efficient Use of Water, Environmental Sustainability, Food Security, Sustainable Development

1- Ph. D. Candidate of Irrigation and Drainage Engineering, Imam Khomeini International University. Qazvin, Iran

2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

3- Associate Professor, Department of Civil and Architectural Engineering, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman

(\*- Corresponding Author Email: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir)