

تعیین الگوی کشت بهینه مبتنی بر شاخص ردپای آب (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

سهیلا فرزی^۱، محمدرضا گلابی^{۲*}، فریدون رادمش^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۵

چکیده

ردپای آب در یک محصول به صورت حجمی از آب شیرین که در تولید آن محصول مصرف شده است تعریف می‌شود. این پژوهش با هدف محاسبه ردپای آب محصولات عمده زراعی و باغی کشت شده در ۲۴ دشت از استان کرمانشاه برای سال زراعی ۹۵-۹۴ انجام شد. با استفاده از آمارنامه‌های ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی، عملکرد و پارامترهایی که در محاسبه دخالت داشتند محاسبه و گردآوری شد. نیاز آبی گیاهان از طریق نرم افزار CropWat استخراج و ردپای آب محصولات محاسبه گردید. نتایج نشان داد در بین محصولات مورد مطالعه در بخش زراعی هندوانه، ذرت علوفه‌ای و چغندر قند به عنوان محصولات برتر از نظر شاخص ردپای آب و در مقابل کتجد، لوبیا و آفتابگردان به عنوان نامناسب‌ترین محصولات از نظر این شاخص شناخته شدند. در بخش تولیدات باغی نیز گیلاس - آلبالو به عنوان محصول برتر و بادام به عنوان محصول نامناسب از نظر شاخص ردپای آب معرفی شدند. در میان تمام دشت‌های استان، دشت کرمانشاه در بخش تولیدات زراعی و باغی بیشترین سهم ردپای آب را داشت. تقریباً برای تمامی محصولات مورد مطالعه ردپای آب آبی بیشتر از آب سبز بوده است که نشان دهنده اتکای تولیدات استان به منابع آب سطحی و زیرزمینی است. لذا با توجه به خشکسالی‌های اخیر و کمبود آب باید از منابع آب موجود به بهترین نحو استفاده نمود و کشت محصولات با نیاز آبی کمتر و عملکرد بالاتر مورد برنامه‌ریزی قرار گیرد. همچنین با اقداماتی نظیر کم آبیاری، مالچ پاشی و استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری، می‌توان میزان شاخص ردپای آب محصولات را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آب آبی، آب سبز، شاخص ردپای آب، کشت بهینه

مقدمه

اصلی‌ترین منبع تامین مواد غذایی اختصاص یافته (WWAP., 2009) و در راستای آن آب به عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده نقش بسیار تعیین کننده‌ای دارد. اما از آنجایی که میزان آب مصرفی پایه و ردپای آب هر محصول در هر منطقه تحت تاثیر اقلیم، میزان تولیدات، الگوی مصرفی مردم، عملیات کشاورزی و راندمان کاربرد آب متغیر است، بنابراین توسعه روش‌های مدیریتی کارآمد و جدید که بتوان با آن مقدار آب واقعی مصرفی را محاسبه کرد، امری لازم و ضروری است. در سال‌های اخیر با ظهور شاخص ردپای آب که نشان دهنده مقدار واقعی آب مصرفی براساس شرایط و اقلیم هر منطقه می‌باشد، دریچه‌ای برای انجام پژوهش‌ها در راستای مدیریت نوین منابع آب با رویکرد یکپارچه باز شده است (علیقلی نیا و همکاران، ۱۳۹۵). شاخص ردپای آب برای اولین بار توسط هواکستر در سال ۲۰۰۲ معرفی و در سال‌های اخیر به طور گسترده‌ای توسط متخصصین در نقاط مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. در زمینه‌ی استفاده از مفهوم ردپای آب، می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود: هوکسترا و هانگ در پژوهشی به برآورد شاخص ردپای آب در کشورهای مختلف از جمله ایران در دوره زمانی ۱۹۹۵-۱۹۹۹ پرداختند. آن‌ها بیان کردند در ایران شاخص ردپای آب به ازای هر

منابع آب شیرین دارای تغییرات زمانی و مکانی قابل توجهی می‌باشند. رشد جمعیت همراه با توسعه اقتصادی - اجتماعی باعث شده تا این منابع در معرض تهدید قرار گیرند. کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، خشک شدن رودخانه‌ها و سطح بالای آلودگی آب‌ها نشانه‌هایی از کمبود آب می‌باشند (Gleick, 1993; Mekonnen and Hoekstra., 2010; Postel., 2000; WWAP., 2009). بنابراین در صورتی که بشر بخواهد با چالش‌هایی که در پنجاه سال آینده پیش روی او قرار دارد مقابله کند، باید سطح مصرف آب در بخش کشاورزی را تا سطحی پایدار کاهش دهد (Molden., 2007). بیش از ۷۰ درصد تقاضا از منابع آب شیرین در دنیا به کشاورزی به عنوان

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی کرمانشاه

۲- دانشجوی دکتری منابع آب، گروه مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار، گروه مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
(* نویسنده مسئول (Email:Hamidgolabi@gmail.com)

مربوط به سبب‌زمینی بوده است. برای مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری نیشکر به علت استفاده بیشتر از آب باران و برای مناطق معتدل ذرت بهتر می‌باشد (Huisu et al., 2015). عربی یزدی و همکاران بیان کردند حدود ۴۲ درصد از ردپای آب کشاورزی ایران به گروه غلات، ۱۴ درصد به دانه‌های روغنی، ۱۳ درصد نباتات علوفه‌ای، ۱۱ درصد به محصولات صنعتی و ۱۱ درصد به میوه‌ها مربوط است (عربی یزدی و همکاران، ۱۳۸۸). اخوان و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی به تخمین آب آبی و آب سبز با استفاده از مدل SWAT در حوضه آبریز همدان - بهار پرداختند. غلامحسین پور جعفری نژاد و همکاران (۱۳۹۲) به محاسبه میزان ردپای اکولوژیک آب در محصولات کشاورزی پسته و خرمای استان کرمان پرداختند، آن‌ها در این تحقیق شاخص ردپای آب در بخش کشاورزی را ۵/۵۶ میلیارد مترمکعب تخمین زدند که به ازای هر نفر ۲۰۹۷/۲ مترمکعب در سال است. رسولی مجد و همکاران (۱۳۹۴) به محاسبه ردپای آب ۱۱ محصول کشاورزی در ۳۱ استان کشور ایران پرداختند و اثر تغییر اقلیم را بر ردپای آب بررسی کردند. آبابایی و رضانی اعتدالی (۱۳۹۴) در پژوهشی به برآورد اجزای ردپای آب در تولید گندم در سطح کشور پرداختند. نتایج نشان داد مجموع ردپای آب در تولید محصول در سطح کشور در دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۵ در حدود ۴۲۱۴۳ میلیون مترمکعب بوده است. در اراضی فاریاب سهم ردپای آب سبز و آب آبی به ترتیب ۲۳ و ۲۵ درصد برآورد شد و سه استان فارس، خراسان و خوزستان بیشترین ردپای آب در تولید گندم کشور را دارا می‌باشند. محمدی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی انتخاب بهترین استان در تولید سیب زمینی با استفاده از شاخص ردپای آب پرداختند و بیان کردند استان همدان و سمنان به ترتیب به عنوان بهترین و نامناسب‌ترین استان‌ها برای کشت سیب زمینی هستند. بررسی تحقیقات فوق بیانگر نگرانی - های بسیار جدی متخصصین منابع آب از افزایش تقاضای آب در بخش کشاورزی و اعمال تنش‌های روزافزون به منابع آب شیرین در نقاط مختلف دنیا به دلیل بالارفتن تقاضای محصولات کشاورزی و تغییر اقلیم بوده و ضرورت نگرش نو و استفاده از معیار یا شاخص جامع و کارآمدتری مانند ردپای آب را برای تعیین مقدار واقعی آب مصرفی محصولات کشاورزی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه و پایدار مصرف آب در بخش کشاورزی را بیان می‌کند. لذا هدف از این مطالعه در ابتدا بیان نمودن مقدار ردپای آب آبی و آب سبز در دشت - های استان کرمانشاه برای محصولات مختلف و سپس انتخاب بهترین محصولات مناسب با توجه به شرایط آب و هوایی و منابع آبی این استان است که کمتر حتی در سطح ملی به این مقوله پرداخته شده است و سوال اساسی این تحقیق این است که آیا با استفاده از مفهوم ردپای آب می‌توان به دید واقعی از منابع و مصارف آب دست یافت.

نفر ۱۴۵۷ مترمکعب در سال، خودکفایی آبی کشور ۹۳/۶ درصد و وابستگی به منابع آب خارجی ۶/۴ درصد است (Hoekstra and Hung., 2005). چاگاین و همکاران به بررسی ردپای آب مصرفی پنبه در سراسر جهان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد در دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۹۷ محصول پنبه به ۲۵۶ میلیارد متر مکعب آب در هر سال نیاز دارد که ۴۲ درصد آب آبی، ۳۹ درصد آب سبز و ۱۹ درصد آب خاکستری است (Chapagain et al., 2006). گرینز-لینز و همکاران نیز به بررسی سهم آب آبی و آب سبز در تولید گندم در ۲۵ کشور عمده تولیدکننده گندم پرداختند (Gerbens-Leenes et al., 2009). لیو و همکاران آب سبز گیاهان پنبه، سیب‌زمینی، بادام‌زمینی، حبوبات، کزنا، سویا، چغندرقد، نیشکر و آفتابگردان را در دوره آماری ۲۰۰۲-۱۹۹۸ در کل جهان برابر ۸۰ درصد آب مصرفی برآورد نمودند (Liu et al., 2009). چاگاین و هوکسترا به بررسی جهانی ردپای آب برنج با استفاده از داده‌های محلی و آبیاری واقعی پرداختند و بیان کردند در هند، اندونزی، ویتنام، تایلند، میانمار و فیلیپین، بخش آب سبز به نسبت قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از بخش آب آبی است. در حالی که در ایالات متحده آمریکا و پاکستان، بخش آب آبی بیشتر از ۴ برابر آب سبز می‌باشد (Chapagain ana Hoekstra., 2011). دوامت و همکاران به بررسی ردپای آب سبز و آبی و ادغام آن با ردپای آب محیط‌زیست و ردپای آب زیرزمینی در یکی از حوضه‌های اسپانیا پرداختند. در یک سال نرمال، میزان ردپای آب سبز برای کشاورزی و مراتع ۱۹۰ mm از مجموع ۴۱۰mm آب سبز کل محاسبه گردیده است. مقدار آب آبی نیز ۵۰ درصد آب کل به دست آمد (Dumont et al., 2013). مکونن و هواکسترا ضمن بیان اینکه کاهش ۲۵ درصد ردپای آب محصولات در دنیا باعث ذخیره ۳۹ درصد آب می‌شود، دو عامل استفاده از فناوری‌های خاص در کشاورزی و نحوه کشت و زرع را به‌عنوان معیارهای اصلی در میزان ردپای آب محصولات تولیدی در هر منطقه و کاهش آن معرفی کردند (Mekonnen and Hoekstra., 2014). چوچان و همکاران در مطالعه‌ای ردپای آب تونس را به تفکیک سه جزء آبی، سبز و خاکستری در سطح ملی و محلی برای دوره ۱۹۹۶-۲۰۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی به‌عنوان محصولات با بهره‌وری آب نسبتاً بالا و زیتون و جو محصولاتی با بهره‌وری آب کم معرفی شدند (Chouchane et al., 2015). رودریگز و همکاران در بررسی ردپای آب تولیدات سیب‌زمینی در آرژانتین، کل ردپای آب سیب‌زمینی را (m3/ton) ۳۲۳/۹۹ بیان کردند که از این مقدار سهم ردپای آب آبی و آب سبز به ترتیب ۵۶/۴ درصد و ۲۴/۱۵ درصد می‌باشد (Rodriguez et al., 2015). حی سو و همکاران ردپای آب پنج محصول ذرت، سیب‌زمینی، نیشکر، ذرت خوشه‌ای شیرین و برنج منطقه نیمه گرمسیر تایوان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کمترین ردپای آب

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

استان کرمانشاه با وسعتی حدود ۲۵۰۰۹ کیلومتر مربع بین طول‌های ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. مجموع اراضی کشاورزی در استان ۹۴۶۸۷۱ هکتار، شامل ۹۰۶۰۰۰ هکتار اراضی زراعی و ۴۰۸۷۱ هکتار اراضی باغی بوده که از این میزان سهم اراضی آبی ۲۳۵۰۰۰ هکتار می باشد. وجود منابع خاک حاصل خیز و اقلیم‌های گرم، سرد و

معتدل، امکان کاشت اکثر محصولات کشاورزی را در این استان فراهم نموده است. موقعیت استان کرمانشاه در شکل (۱) نشان داده شده است. تعدادی از دشت‌های استان عبارتند از دشت کرمانشاه، دشت کنگاور، دشت صحنه - بیستون، دشت حسن آباد، کرنند (دالاهو) و قلعه شیان از توابع اسلام آباد، دشت دینور، دشت سنقر، دشت بشیوه، دیره، قلعه شاهین، ذهاب شمالی و جنوبی از توابع سرپل ذهاب، دشت پاچه چله، گاور و بارستم از توابع گیلانغرب، دشت بیونج از توابع کرنند، دشت سومار از توابع قصرشیرین، دشت جلالوند و دشت پاوه می‌باشند.



شکل ۱- موقعیت استان کرمانشاه

روش مطالعه

در راستای رسیدن به اهداف این تحقیق، ردپای آب محصولات عمده زراعی و باغی کشت شده در ۲۴ دشت از استان کرمانشاه مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت. به منظور محاسبه تبخیر-تعرق و نیاز آبی از نرم افزار CropWat8.0 استفاده گردید. داده‌های ماهانه هواشناسی شامل میانگین دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی پارامترهای ورودی مدل هستند. مشخصات گیاهان و خاک نیز از با استفاده از آمارنامه‌های سازمان جهاد کشاورزی و اطلاعات کارشناسان کشاورزی تعیین شدند. این نرم افزار با استفاده از معادله فائو-پنمن-مونتیت به محاسبه تبخیر و تعرق می‌پردازد. یکی از معادلاتی که به صورت تئوری براساس توازن روی یک سطح پوشیده از گیاه ارائه شده است، معادله موسوم به فائو-پنمن-مونتیت بوده که در حال حاضر به عنوان دقیق‌ترین و استانداردترین روش برای برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع که در حال حاضر اساس محاسبات نیاز آبی می‌باشد، معرفی گردیده است (Allen

et al., 1988). معادله فائو-پنمن-مونتیت به صورت رابطه (۱) می‌باشد:

$$ET_o = \frac{0.408(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

که در این معادله، ET_o : تبخیر تعرق مرجع (mm/day)، R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($\text{MJ/m}^2 \text{ day}$)، T : متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ($^{\circ}\text{C}$)، U_2 : متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m/s)، $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (kPa)، Δ : شیب منحنی فشار بخار ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$)، γ : ضریب سایکرومتری ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$) و G : شار گرما به داخل خاک ($\text{MJ/m}^2 \text{ day}$) می‌باشد. داده‌های مربوط به سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی نیز از آمارنامه‌های سازمان جهاد کشاورزی کل کشور استخراج گردید.

مفهوم ردپای آب

$$W.F.proc.= W.F.proc.green+ W.F.proc.blue \quad (۲)$$

$$W.F.proc.green= CWUgreen/Y \quad (۳)$$

$$W.F.proc.blue = CWUblue/Y \quad (۴)$$

که در این روابط، W.F.proc: ردپای آب (m³/ton)، W.F.proc,green و W.F.proc,blue به ترتیب ردپای آب سبز و آب آبی (m³/ton)، CWUgreen و CWUblue: به ترتیب جزء آب سبز و آب آبی گیاه (m³/ha)، Y: عملکرد محصول (ton/ha) است. اجزای آب سبز و آبی مصرفی گیاه (CWU)، از مجموع تبخیر و تعرق روزانه در تمام دوره رشد گیاه به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$CWU_{green} = 10 * \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{green} \quad (۵)$$

$$CWU_{blue} = 10 * \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{blue} \quad (۶)$$

که در آن ET_{green} نشان دهنده تبخیر و تعرق آب سبز و ET_{blue} نشان دهنده تبخیر و تعرق آب آبی است. عدد ۱۰ نیز به منظور تبدیل عمق آب در میلی متر به حجم آب در سطح زمین بر حسب m³/ha می‌باشد. مجموع تبخیر و تعرق از روز اول کاشت تا روز برداشت محصول و l_{gp} طول دوره رشد در واحد روز را نشان می‌دهد. تبخیر و تعرق آب سبز یعنی تبخیر و تعرق حاصل از بارش را می‌توان با حداقل مقدار بین تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) و بارش موثر (Peff) برابر در نظر گرفت. تبخیر و تعرق آب آبی نیز مساوی تبخیر و تعرق گیاه منهای بارش موثر می‌باشد. اما زمانی که بارش موثر بیش از تبخیر و تعرق گیاه باشد مقدار آن صفر است (Dota and Theodossiou, 2014).

$$ET_{green} = \min(ET_c, Peff) \quad (۷)$$

$$ET_{blue} = \max(0, ET_c - Peff) \quad (۸)$$

همچنین لازم به ذکر است که رد پای آب آبی محصولات تولیدی به آب آبیاری مرتبط بوده و از طریق نیاز آبیاری در سطح زیر کشت واقعی در هر سال محاسبه می‌شود. نیاز آبیاری نیز با توجه به نوع محصول و بارندگی در طول سال متفاوت بوده و کاملاً مبتنی بر وضعیت واقعی محصولات کشاورزی می‌باشد. ردپای آب سبز نیز به بارندگی موثر مرتبط می‌باشد (منتصری و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج و بحث

در این مطالعه جهت ارزیابی ردپای آب محصولات زراعی و باغی در هر یک از دشت‌های استان کرمانشاه و مقایسه آنها با یکدیگر، مقادیر ردپای آب محصولات و هریک از دشت‌ها در دو جز آب آبی، آب سبز و حاصل جمع آنها به عنوان ردپای آب کل به تفکیک محاسبه و با هم مقایسه شدند.

ردپای آب یک محصول تولیدکننده یا مصرف کننده به سه جزء ردپای آب سبز، آبی و خاکستری تقسیم می‌شود (منتصری و همکاران، ۱۳۹۵). ردپای آب آبی به بخشی از آب مصرفی که از منابع آب سطحی و یا زیرزمینی تامین شده و در تولید محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد اشاره دارد. در مقابل، ردپای آب سبز به سهم آب حاصل از بارندگی مرتبط است (آبایی و رمضان‌اعتدالی، ۱۳۹۴؛ Hoekstra et al., 2009). آب آبی برای مصارف نظیر آبیاری مزارع، بخش‌های شرب و صنعت مصرف می‌شود (Obuobie et al., 2005). به طور کلی، ردپای آب سبز، آبی است که جایگزینی برای استفاده آن وجود ندارد و یا بسیار کم است و فقط در طبیعت امکان جابجایی آن وجود دارد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Yuhang et al., 2016). تاکنون در مطالعات مربوط به منابع آب، بیشتر به مولفه آب آبی توجه شده و مولفه آب سبز به عنوان بخشی از منابع آب در کشاورزی دیم نادیده گرفته شده است. بحث آب سبز و لزوم توجه به آن اولین بار توسط فالکن مارک در سال ۱۹۹۷ مطرح شد (Falkenmark, 1997). در واقع آب سبز به حجم آبی اطلاق می‌شود که در مناطق غیر اشباع خاک به صورت رطوبت خاک ذخیره می‌شود. این منبع آبی در مناطق دیم به صورت موثر صرف تعرق گیاهی می‌شود و یا از سطح خاک و آب‌های آزاد به صورت تبخیر از دسترس خارج می‌شود (Obuobie et al., 2005). استفاده از منابع آب سبز تغییری در سیستم هیدرولوژی ایجاد نمی‌کند و اثر مخربی بر محیط زیست ندارد. در مقابل هزینه استفاده از منابع آب آبی در کشاورزی به دلیل نیاز به امکانات نگهداری، شبکه‌های انتقال و توزیع آب، بیشتر از آب سبز است و همین قابلیت انتقال و توزیع، مدیریت آن را ساده‌تر نموده و گزینه‌های بهره‌برداری از آن را افزایش داده است. در حالی که تنها راه بهره‌برداری از آب سبز، تولید محصولات دیم است (سهرابی، ۱۳۸۶؛ Obuobie et al., 2005). ردپای آب را می‌توان از راه‌های مختلفی نظیر افزایش بازده محصول، استفاده از سیستم‌های آبیاری کارآمد، کاهش تبخیر و تعرق (به طور مثال، استفاده از مالچ)، کاهش هدررفت کود، افزایش استفاده موثر از بارش، بهینه سازی کاشت محصول و انتخاب محصول محصولات زراعی با عملکرد بیشتر، نیز کاهش داد (Zhuo et al., 2016; Chukalla et al., 2015). ردپای کل آب برای محصولات زراعی و باغی در حال رشد حاصل جمع دو جزء ردپای آب آبی و ردپای آب سبز می‌باشد (رابطه ۲). ردپای آب در بخش کشاورزی بر حسب مترمکعب بر تن بیان می‌شود که معادل لیتر بر کیلوگرم است. جزء سبز ردپای آب در تولید یک محصول، از تقسیم جزء آب سبز مصرفی گیاه به متوسط عملکرد محصول محاسبه می‌شود. جزء آب آبی نیز به همین طریق محاسبه می‌شود (Dota and Theodossiou, 2014).

محصولات زراعی

نتایج مربوط به شاخص ردپای آب برای محصولات زراعی کشت شده در دشت‌های استان کرمانشاه در جدول ۱ ارائه شده است. بررسی جزء به جزء ردپای آب برای گندم نشان می‌دهد دشت‌های دیره، ذهاب جنوبی، ذهاب شمالی و قصرشیرین با $۵۸۵/۳$ متر مکعب در تن آب آبی و دشت‌های اسلام آباد، قلعه شیان و گواور با $۳۲۱/۷$ متر مکعب در تن آب آبی به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص ردپای آب آبی را به خود اختصاص دادند. دشت‌های بابارستم، بشیوه، سرپل ذهاب و قصر شیرین نیز با $۹۶۸/۷$ متر مکعب در تن آب سبز و دشت کردند با $۱۷۱/۷$ متر مکعب در تن آب سبز، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شاخص ردپای آب سبز را به خود اختصاص دادند. برای جو دشت‌های دیره، ذهاب شمالی، ذهاب جنوبی، سومار و قصرشیرین با $۳۷۰/۵$ مترمکعب در تن آبی و دشت‌های بابارستم، بشیوه، سرپل ذهاب و قلعه شاهین با $۸۲۲/۱$ مترمکعب در تن آب سبز، به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. مقایسه مقدار ردپای کل نشان می‌دهد دشت‌های بابارستم، بشیوه، سرپل ذهاب و قلعه شاهین که جزو نواحی گرمسیری استان هستند با $۱۱۵۱/۳$ متر مکعب در تن و دشت‌های اسلام آباد، حسن آباد و قلعه شیان با $۳۳۲/۱$ متر مکعب در تن، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار ردپای آب را دارند. برای نخود دشت پاره با $۲۵۲۰/۴$ و دشت کردند با $۱۰۲۷/۲$ متر مکعب در تن آب آبی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار نیاز آبیاری را داشته‌اند. دشت بشیوه با $۱۴۷۲/۳$ و دشت دیره با $۸۷۹/۵$ متر مکعب در تن آب سبز به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آب سبز را به خود اختصاص داده‌اند. عدس نیز به صورت دیم و به دو شیوه پاییزه و بهاره کشت می‌شود و در تمام نقاط استان قابل کشت بوده و محدودیتی برای آن وجود ندارد. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد دشت کرمانشاه با $۱۲۶۳/۳$ و دشت‌های بیونج و کردند با $۷۰۱/۸$ مترمکعب در تن به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار ردپای آب را دارند. برای ذرت دانه‌ای دشت کردند با $۵۹۵/۳$ و دشت بابارستم با $۱۲۵۱/۴$ متر مکعب در تن، به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر ردپای آب را داشتند. برای ذرت علوفه ای دشت‌های اسلام آباد و قلعه شاهین با $۱۳۰/۲$ مترمکعب در تن و دشت‌های بابارستم، بشیوه و قلعه شاهین با ۱۹۱ متر مکعب در تن، به ترتیب کمترین و بیشترین سهم ردپای آب را داشتند. چغندر قند در نواحی گرمسیری با هدف استفاده بهینه از بارندگی فصول پاییز و زمستان، به صورت پاییزه و در نواحی سردسیری به صورت بهاره کشت می‌شود. نتایج کلی جدول ۱ نشان می‌دهد مقادیر ردپای آب برای چغندر قند در تمامی دشت‌های استان، اختلاف اندکی با هم دارند و تقریباً همه‌ی آنها جزو مناطق مستعد برای کشت این محصول می‌باشند. اما مقایسه دقیق‌تر نشان می‌دهد دشت‌های اسلام آباد، قلعه شیان و گواور با $۱۷۷/۲$ مترمکعب در تن و

دشت کردند با $۱۴۳/۸$ متر مکعب در تن، به ترتیب بیشترین و کمترین ردپای پای آب را به خود اختصاص دادند. برای یونجه دشت‌های سنقر، صحنه - بیستون و کنگاور که جزو نواحی سردسیر استان هستند با $۸۴۱/۳$ مترمکعب در تن و دشت‌های بابارستم، سرپل ذهاب و قصرشیرین با $۹۹۹/۶$ متر مکعب در تن، به ترتیب کمترین و بیشترین ردپای آب را داشتند. شبدر نیز در دشت‌های معدودی از استان کشت شده و ردپای آنها اختلاف قابل توجهی با هم ندارد. برای گوجه - فرنگی دشت‌های بشیوه، سرپل ذهاب و قلعه شاهین با $۲۱۳/۶$ مترمکعب در تن و دشت‌های دیره و ذهاب جنوبی با $۱۶۰/۴$ متر مکعب در تن، به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین سهم ردپا آب را به خود اختصاص دادند. همچنین مشاهده می‌شود که لوییا و کنجد دارای بیشترین مقادیر شاخص ردپای آب آبی هستند. کنجد در دشت‌های گرمسیری استان کرمانشاه در سطح ۲۰ هکتار به عنوان کشت دوم در تابستان مورد توجه است و همه نیاز آبی آن از طریق آبیاری تامین می‌شود و به نسبت عملکرد پایینی دارد و همین می‌تواند دلیل بالابودن شاخص ردپای آب آبی این محصول باشد. ردپای آب آبی محصولات جالیزی استان کرمانشاه نظیر هندوانه و خیار نیز نشان می‌دهد، هندوانه با سطح زیر کشت بسیار بالاتر و عملکرد بیشتر، ردپای آب آبی کمتری دارد. دشت بابا رستم با $۱۸۴/۸$ مترمکعب در تن آب آبی برای هندوانه و دشت قلعه شاهین با $۴۷۸/۱$ متر مکعب در تن آب آبی برای خیار بیشترین مقادیر شاخص ردپای آب آبی را به خود اختصاص دادند و علت این امر پایین بودن میزان عملکرد در واحد سطح برای این نواحی می‌باشد. مقادیر شاخص ردپای آب آبی سبزیجاتی نظیر سیب‌زمینی و پیاز نیز به تفکیک در جدول ۱ آورده شده است.

در جدول (۲) به بررسی نسبت تقسیم آب آبی به آب سبز و درصد آب مصرفی هر دو جز (نسبت آب آبی و آب سبز به ردپای آب کل)، جهت مقایسه ردپای آب محصولات زراعی در دشت‌های استان کرمانشاه پرداخته شد. علت این کار بی بعد کردن واحدهای ردپای آب در دو جز ردپای آب آبی و ردپای آب سبز و امکان مقایسه میزان آب مصرفی هر یک از محصولات در دو جز ذکر شده بدون در نظر گرفتن میزان عملکرد محصول در واحد سطح می‌باشد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد در گروه غلات؛ ذرت دانه‌ای، گندم و جو به ترتیب $۱۱۱۳/۳$ ، $۱۰۴۲/۲$ و $۷۴۶/۷$ مترمکعب در تن ردپای آب را به خود اختصاص دادند. با توجه به اینکه حدود ۴۱۱ هزار هکتار از اراضی استان کرمانشاه تحت کشت گندم به صورت دیم و آبی می‌باشد به نسبت سایر غلات کشت شده از شاخص ردپای آب مطلوبی برخوردار است. ردپای آب سبز برای جو نیز $۶۲/۴$ درصد به دست آمد که نشان می‌دهد جو با توجه به سطح زیر کشت و عملکردش، بیشترین استفاده را از بارندگی داشته است. همچنین تمام نیاز آبی ذرت دانه‌ای از طریق آبیاری تامین شده و باید کشت آن مورد توجه اقتصادی قرار

تامین می‌شود کشت آن می‌تواند بسیار به صرفه باشد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد در گروه محصولات صنعتی کشت شده در استان؛ چغندر قند، آفتابگردان و کنجد به ترتیب ۱۶۹/۴، ۳۴۸۱/۴ و ۴۴۰۲/۷ مترمکعب در تن ردپای آب کل (آبی) را به خود اختصاص دادند. از آنجایی که حدود ۱۱ هزار هکتار از اراضی استان تحت کشت چغندر می‌باشد این محصول به نسبت سایر محصولات صنعتی از شاخص ردپای آب مطلوبی برخوردار است و کشت آن در دشت‌های استان توصیه می‌شود اما کنجد با سطح زیر کشت حدود ۲۰ هکتار و عملکرد ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و بالاترین میزان ردپای آب کل در دشت‌های نواحی گرمسیری استان بعد از برداشت غلات کشت می‌شود.

گیرد. نتایج برای گروه حبوبات کشت شده در استان (نخود، لوبیا و عدس) نشان می‌دهد که لوبیا با ۳۶۸۶/۳ مترمکعب در تن بیشترین ردپای آب (آبی) را به خود اختصاص داده است. در رتبه‌های بعدی بیشترین شاخص ردپای آب کل مربوط با نخود با ۲۶۳۹/۹ مترمکعب در تن می‌باشد که از این میزان ۵۵/۲ درصد آن آب آبی و ۴۴/۸ درصد آب سبز است. بالا بودن درصد ردپای آب آبی بیانگر وابستگی بیشتر این محصولات به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی است و کشت آنها باعث استفاده بیشتر از منابع آبی در دسترس شده و می‌تواند در تحلیل منابع آبی منطقه بسیار تاثیرگذار باشد.

عدس نیز با ۱۴۱۳/۳ متر مکعب در تن ردپای آب (سبز) در رتبه سوم قرار دارد و از آنجایی که همه‌ی نیاز آبی آن از طریق بارندگی

جدول ۱- ردپای آب محصولات زراعی منطقه برحسب (m³/ton)

نام محصول	گندم		جو		نخود		نام دشت
	آب سبز	آب کل	آب سبز	آب آبی	آب کل	آب سبز	
اسلام آباد	۲۰۲/۳	۵۲۴	۱۷۱/۷	۱۱۳۱/۸	۳۳۲/۱	۱۱۲۲/۸	۱۱۲۲/۸
بابا رستم	۹۶۸/۷	۱۵۱۶	۸۲۲/۱	۱۱۵۱/۳	۱۱۵۱/۳	.	.
بشپوه	۹۶۸/۷	۱۵۱۶	۸۲۲/۱	۱۱۵۱/۳	۸۲۲/۱	۲۹۰۸/۴	۱۴۷۲/۳
بیونج	۲۶۳/۶	۷۷۵/۲	۲۲۳/۷	۵۱۱/۵	۲۲۳/۷	۳۰۱۰/۲	۹۱۷/۸
پاچه چله	۷۲۹/۶	۱۲۷۰/۲	۶۱۹/۱	۹۴۳/۳	۶۱۹/۱	.	.
پاوه	۴۱۰/۸	۹۴۲/۵	۳۴۸/۶	۲۵۲۰/۴	۶۴۱/۴	۴۲۲۲/۱	۱۷۰۱/۷
چالوند	۳۲۵	۷۹۸/۶	۲۶۵/۳	۵۱۶/۷	۲۶۵/۳	.	.
حسن آباد	۲۰۲/۳	۵۲۴	۱۷۱/۷	۳۳۲/۱	۳۳۲/۱	.	.
دیره	۸۵۸/۴	۱۴۴۳/۷	۷۲۸/۴	۱۰۹۸/۹	۷۲۸/۴	۲۰۹۲/۱	۸۷۹/۵
دینور	۳۰۶/۶	۷۱۹/۹	۲۰۵/۱	۱۲۷۹/۲	۴۶۵/۲	۲۵۰۲/۹	۱۲۲۳/۷
ذهاب جنوبی	۸۵۸/۴	۱۴۴۳/۷	۷۲۸/۴	۱۰۹۸/۹	۷۲۸/۴	۲۰۹۲/۱	۸۷۹/۵
ذهاب شمالی	۸۵۸/۴	۱۴۴۳/۷	۷۲۸/۴	۱۰۹۸/۹	۷۲۸/۴	.	.
سرپل ذهاب	۹۶۸/۷	۱۵۱۶	۸۲۲/۱	۱۱۵۱/۳	۸۲۲/۱	.	.
سنقر	۳۰۶/۶	۸۵۸/۴	۲۶۰/۱	۱۵۸۳/۶	۵۴۹/۶	۲۶۵۴/۳	۱۰۷۰/۷
سومار	۸۵۸/۴	۱۴۴۳/۷	۷۲۸/۴	۱۰۹۸/۹	۷۲۸/۴	.	.
صحنه بیستون	۳۰۶/۶	۷۱۹/۹	۲۰۵/۱	۱۲۷۹/۲	۴۶۵/۲	۲۵۰۲/۹	۱۲۲۳/۷
قصر شیرین	۵۸۵/۴	۱۴۴۳/۷	۷۲۸/۴	۱۰۹۸/۹	۷۲۸/۴	.	.
قلعه شاهین	۹۶۸/۷	۱۵۱۶	۸۲۲/۱	۱۱۵۱/۳	۸۲۲/۱	۲۹۰۸/۴	۱۴۷۲/۳
قلعه شیان	۲۰۲/۳	۵۲۴	۱۷۱/۷	۱۱۳۱/۸	۳۳۲/۱	۳۳۷۴/۶	۱۲۴۲/۸
کرمانشاه	۳۹۲/۴	۹۳۵/۳	۳۱۲/۲	۱۴۹۳/۲	۵۹۸/۴	۲۸۶۹/۹	۱۳۷۶/۷
کرند	۱۷۱/۷	۴۸۶/۷	۱۴۵/۷	۱۰۲۷/۲	۳۰۶/۱	۱۷۹۲	۷۶۴/۸
کنگاور	۳۰۶/۶	۸۵۸/۴	۲۰۶/۱	۱۵۸۳/۶	۵۴۹/۶	۲۶۵۴/۳	۱۰۷۰/۷
گواور	۲۰۲/۳	۵۲۴	۱۷۱/۷	۳۳۵/۵	۳۳۵/۵	.	.
گیلانغرب	۷۲۹/۶	۱۲۷۰/۲	۶۱۹/۱	۹۴۳/۳	۶۱۹/۱	.	.

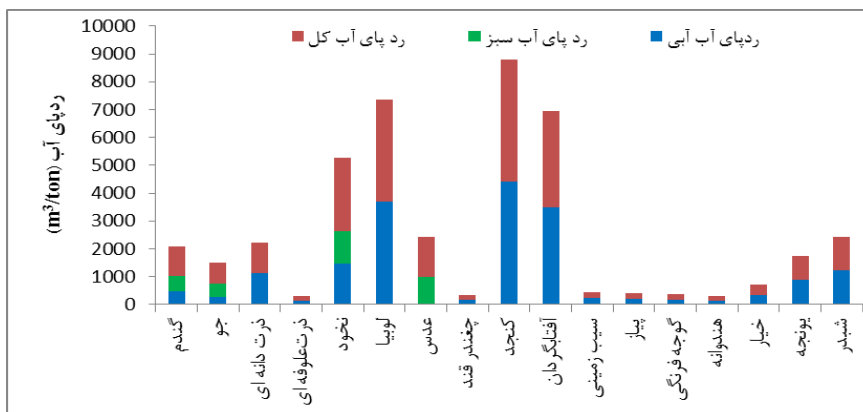
ادامه جدول ۱- ردپای آب آبی محصولات زراعی منطقه برحسب (m3/ton)

نام دشت	آفتابگردان	سیب زمینی	پیاز	گوجه فرنگی	هندوانه	خیار	یونجه	شیدر	ذرت دانه ای	ذرت علوفه ای	لوبیا	چغندر قند	کنجد
اسلام آباد	.	۲۰۶/۱	.	۱۷۱/۹	۱۴۲	۳۰۱/۸	۸۴۲/۲	۱۲۳۲/۴	۷۰۹	۱۳۰/۲	.	۱۷۷/۲	.
بابا رستم	۱۸۴/۸	.	.	.	۱۲۵۱/۴	۱۹۱	.	.	۵۰۹۲/۵
بشیوه	.	.	.	۲۱۳/۶	.	.	۹۹۹/۶	.	۹۴۷/۶	۱۹۱	.	.	۵۰۹۲/۵
پاچه چله	.	.	.	۱۶۴/۱	.	.	.	.	.	۱۳۹/۶	.	.	۳۸۵۸/۸
پاوه	.	۲۴۴/۳	.	۲۰۳/۶	.	.	۸۷۱	.	۹۵۴/۳	۱۵۶/۳	.	.	.
جلالوند	۳۱۶/۳	.	.	۶۱۹	۱۱۴/۲	۳۵۱۳/۹	.	.
حسن آباد	۸۴۲/۲	.	۷۰۹	.	.	.	.
دیره	.	.	.	۱۶۰/۴	۱۳۶/۸	.	۸۵۰/۳	.	۶۷۹/۷	۱۳۵/۱	.	.	۳۸۴۵/۶
دینور	۳۴۸۴/۸	۲۱۸/۳	.	۱۷۵/۵	.	.	۸۴۱/۳	۱۱۸۸/۵	۷۲۱/۴	.	۴۰۸۰/۷	۱۷۳/۷	.
ذهاب جنوبی	.	.	.	۱۶۰/۴	.	.	۸۵۰/۳	.	۶۷۹/۷	.	.	.	۳۸۴۵/۶
ذهاب شمالی	۶۷۹/۷	.	.	.	۳۸۴۵/۶
سرپل ذهاب	.	.	.	۲۱۳/۶	.	.	۹۹۹/۶	.	۹۴۷/۶	۱۹۱	.	.	۵۰۹۲/۵
سنقر	۳۴۸۴/۸	۲۳۴/۵	۲۰۴/۷	۱۹۰/۹	.	۴۲۵/۴	۸۴۱/۳	۱۲۱۱/۳	.	۱۴۲/۵	۴۰۲۱	۱۶۴/۳	.
صحنه بیستون	.	.	۱۹۰/۴	۱۷۵/۵	.	۳۷۲/۶	۸۴۱/۳	۱۱۸۸/۵	۷۲۱/۴	۱۳۲/۴	۴۰۸۰/۷	۱۷۳/۷	.
قصر شیرین	.	.	۱۷۷/۷	۱۶۰/۶	۱۳۶/۸	۳۵۱/۵	.	.	.	.	.	.	.
قلعه شاهین	.	.	۲۳۷	۲۱۳/۶	.	۴۷۸/۱	۹۹۹/۶	.	۹۴۷/۶	۱۹۱	.	.	۵۰۹۲/۵
قلعه شیان	.	.	.	۱۷۱/۹	۱۴۲	۳۰۱/۸	۸۴۲/۲	.	۷۰۹	۱۳۰/۲	۳۲۵۱/۴	۱۷۷/۲	.
کرمانشاه	۳۴۷۴/۷	۲۱۸/۶	.	۱۷۶/۴	۱۶۲/۹	۳۶۹/۵	۸۷۵/۴	۱۲۹۰/۳	۷۳۳/۸	۱۳۵/۶	۴۰۸۶/۶	۱۷۳/۳	.
کزند	.	.	.	۱۴۰/۲	۱۱۸/۹	۲۵۷/۷	.	.	۵۹۵/۳	.	۲۴۹۳/۸	۱۴۳/۸	.
کنگاوار	.	۲۳۴/۵	.	۱۹۰/۹	۱۷۱/۴	۴۲۵/۴	۸۴۱/۳	۱۲۱۱/۳	۷۵۰/۶	۱۴۲/۵	۴۰۲۱	۱۶۴/۳	.
گواور	.	.	.	۱۷۱/۹	۱۴۲	۳۰۱/۸	.	.	۷۰۹	.	.	۱۷۷/۲	.
گیلانغرب	.	.	.	۱۶۴/۱	۱۴۰/۶	.	۸۰۶/۲	.	۷۰۵/۶	۱۳۹/۶	۳۶۲۷/۳	.	۳۸۵۸/۸

*** گندم، جو، نخود و عدس به صورت دیم و آبی کشت می‌شوند. سایر محصولات زراعی فقط به صورت آبی کشت می‌شوند.

جدول ۲- ردپای آب و نسبت ردپای آب آبی به سبز محصولات زراعی در محدوده مطالعاتی

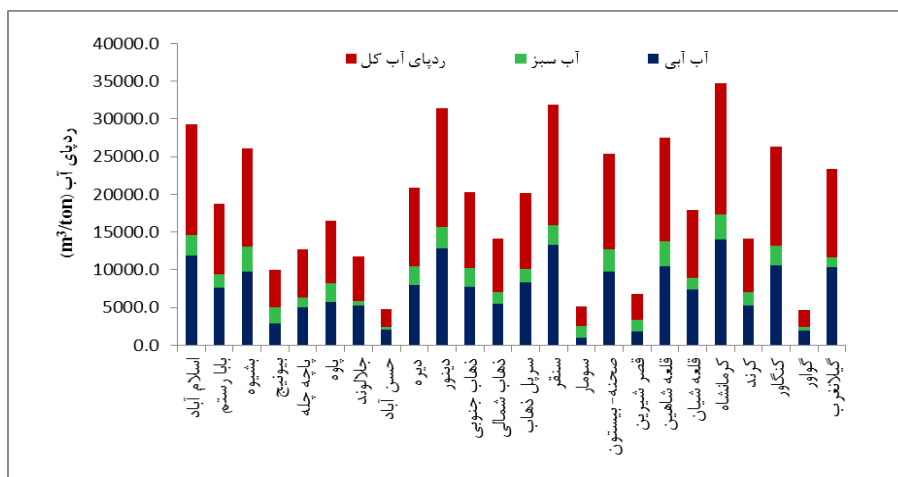
محصولات زراعی	ردپای آب آبی	ردپای آب سبز	رد پای آب کل	درصد ردپای آب آبی	درصد ردپای آب سبز	نسبت ردپای آبی به ردپای سبز
گندم	۴۹۱/۲	۵۵۱	۱۰۴۲/۲	۴۷/۳	۵۲/۷	-/۹
جو	۲۸۰/۴	۴۶۶/۳	۷۴۶/۷	۳۷/۶	۶۲/۶	۰/۶
ذرت دانه ای	۱۱۱۳/۳	.	۱۱۱۳/۳	۱۰۰	.	*
ذرت علوفه ای	۱۵۰/۸	.	۱۵۰/۸	۱۰۰	.	*
نخود	۱۴۵۸/۶	۱۱۸۱/۴	۲۶۳۹/۹	۵۵/۲	۴۴/۸	۱/۲
لوبیا	۳۶۸۶/۳	.	۳۶۸۶/۳	۱۰۰	.	*
عدس	.	۱۰۰۰	۱۰۰۰	.	۱۰۰	*
چغندر قند	۱۶۹/۴	.	۱۶۹/۴	۱۰۰	.	*
کنجد	۴۴۰۲/۷	.	۴۴۰۲/۷	۱۰۰	.	*
آفتابگردان	۳۴۸۱/۴	.	۳۴۸۱/۴	۱۰۰	.	*
سیب زمینی	۲۲۲/۷	.	۲۲۲/۷	۱۰۰	.	*
پیاز	۲۰۲/۴	.	۲۰۲/۴	۱۰۰	.	*
گوجه فرنگی	۱۷۸/۸	.	۱۷۸/۸	۱۰۰	.	*
هندوانه	۱۴۷/۸	.	۱۴۷/۸	۱۰۰	.	*
خیار	۳۵۴/۷	.	۳۵۴/۷	۱۰۰	.	*
یونجه	۸۷۶/۲	.	۸۷۶/۲	۱۰۰	.	*
شیدر	۱۲۲۰/۴	.	۱۲۲۰/۴	۱۰۰	.	*



شکل ۲- نمودار مقایسه ردپای آب محصولات زراعی استان کرمانشاه

۳۵۴/۷ و ۱۴۷/۸ متر مکعب در تن بدست آمد. نتایج جدول (۳) و شکل (۴) نشان می‌دهد دشت‌های کرمانشاه، سنقر، دینور و اسلام آباد به ترتیب با ۱۷۳۶۳/۷، ۱۵۹۵۵/۴، ۱۵۶۹۵ و ۱۴۶۴۷/۵ متر مکعب در تن بیشترین مقادیر ردپای آب کل را به خود اختصاص دادند و در تمام این دشت‌ها بیشتر نیاز آبی محصولات از طریق آبیاری تامین شده و ردپای آب آبی بیشتر از آب سبز بوده که نشان‌دهنده اتکای تولید محصولات زراعی بر استفاده از منابع آبی سطحی و زیرزمینی است. لذا با توجه به خشکسالی‌های اخیر و کمبود منابع آبی باید از منابع آب موجود به بهترین نحو استفاده نمود و کشت محصولات با نیاز آبی کمتر و عملکرد بالاتر مورد برنامه‌ریزی قرار گیرد.

لذا باید با توجه به وضعیت کنونی منابع آبی منطقه کشت این محصول مورد بازنگری و تحلیل اقتصادی قرار گیرد. برای گروه نباتات علوفه‌ای شامل شنبدر، یونجه و ذرت علوفه‌ای به ترتیب ردپای کل آب (آبی)، ۱۲۲۰/۴، ۸۷۶/۲ و ۱۵۰/۸ مترمکعب در تن بدست آمد. برای گروه سبزیجات شامل سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی به ترتیب ردپای کل آب (آبی) ۲۲۲/۷، ۲۰۲/۴ و ۱۷۸/۸ مترمکعب در تن شد. سیب زمینی بیشترین ردپای آب را به خود اختصاص داده ولی در یک نگاه کلی شاخص ردپای آب برای گروه سبزیجات تفاوت بسیار زیادی باهم ندارند و کشت همه‌ی آنها در تمامی دشت‌های استان، در صورتی که با محدودیت منابع آب به منظور تامین نیاز آبی آنها روبرو نباشند توصیه می‌شود. برای محصولات جالیزی کشت شده در استان نظیر خیار و هندوانه به ترتیب شاخص ردپای آب کل (آبی)



شکل ۳- نمودار مقایسه ردپای آب دشت‌های مورد مطالعه

است. نتایج کلی نشان می‌دهد که بادام، گردو، گلابی و انار دارای بیشترین مقدار ردپای آب آبی هستند. مقایسه جزء به جزء ردپای آب نشان می‌دهد برای گلابی دشت‌های کرمانشاه و بیونج با ۶۵۳۴/۷ و

محصولات باغی

نتایج مربوط به ردپای آب آبی و آب سبز محصولات باغی کشت شده به تفکیک در دشت‌های استان کرمانشاه در جدول (۳) آمده

آب برای بادام، در سایر دشت‌های استان نیز زیاد است. برای سیب دشت‌های بابارستم و قلعه شاهین با ۷۰۹/۵ و دشت بیونج با ۴۴۲/۸ مترمکعب در تن به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ردپای آب را داشتند. برای گردو دشت‌های بابارستم و بیونج به ترتیب با ۸۸۳۸/۱ و ۵۳۴۴/۶ متر مکعب در تن بیشترین و کمترین سهم ردپای آب را دارند. مقدار ردپای کل آب انار تقریباً در تمامی دشت‌های استان کرمانشاه بسیار به هم نزدیک است. بیشترین مقدار ردپای آب به دشت‌های بابارستم، بشیوه و قلعه شاهین با ۲۷۹۱/۱ متر مکعب در تن اختصاص دارد و دشت بیونج نیز با ۱۷۱۳/۸ متر مکعب در تن کمترین سهم ردپای آب را دارد. نتایج ردپای آب برای سایر محصولات باغی نظیر گیلاس - آلبالو، آلو، هلو و بادمجان که در نواحی محدودی از استان کشت می‌شوند، در جدول ۳ نشان آمده است.

۸۹۱/۶ مترمکعب در تن به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر ردپای آب را به خود اختصاص دادند. دشت قلعه شاهین نیز با ۱۱۷/۷ مترمکعب در تن بیشترین مقدار ردپای آب سبز را داشت. برای انگور دشت‌های بابارستم، بشیوه و قلعه شاهین با ۶۸۲/۱ و دشت بیونج با ۴۴۲/۲ متر مکعب در تن به ترتیب بیشترین و کمترین سهم ردپای آب را داشته‌اند. همچنین دشت‌های بابارستم، بشیوه و قلعه شاهین با ۱۱۷/۷ مترمکعب در تن ردپای آب سبز، بیشترین استفاده را از بارندگی داشته‌اند. برای بادام دشت‌های پاوه و بیونج به ترتیب با ۱۰۴۸۹/۳ و ۷۱۷۴/۶ متر مکعب در تن بیشترین و کمترین مقادیر ردپای آب را به خود اختصاص دادند. بالاترین سهم ردپای آب سبز به دشت‌های صحنه - بیستون و دینور با ۹۰۱/۱ مترمکعب در تن اختصاص یافت. مقایسه کلی نشان می‌دهد که دشت کرمانشاه و بیونج به ترتیب با ۱۱۲۳۹/۵ و ۷۴۱۶/۴ متر مکعب در تن ردپای آب بیشترین و کمترین مقادیر ردپای آب را به خود اختصاص دادند. ردپای

جدول ۳- مقایسه شاخص‌های ردپای آب در دشت‌های مورد مطالعه

شاخص	اسلام آباد	بابا رستم	بشیوه	بیونج	پاچه چله	پاوه	جلالوند	حسن آباد	دیره	دینور	دشت جنوبی	دشت شمالی
آب آبی	۱۱۹۰۷/۸	۷۵۹۶/۳	۹۷۵۷	۲۸۹۱/۸	۵۰۲۷/۲	۵۷۷۴/۴	۵۲۸۸/۲	۲۰۳۳/۳	۷۹۷۶/۵	۱۲۷۸۱/۸	۷۷۰۴/۵	۵۴۸۱/۵
آب سبز	۲۳۳۹/۷	۱۷۹۰/۸	۳۲۶۳/۱	۲۱۰۶/۹	۱۳۴۸/۸	۲۴۶۱/۱	۵۹۰/۳	۳۷۴	۲۴۶۶/۳	۲۹۱۳/۲	۲۴۶۶/۳	۱۵۸۶/۸
ردپای آب کل	۱۴۶۴۷/۵	۹۳۸۷/۱	۱۳۰۲۰	۴۹۹۸/۷	۶۳۷۶	۸۲۳۵/۵	۵۸۷۸/۵	۳۴۰۷/۳	۱۰۴۴۲/۸	۱۵۶۹۵	۱۰۱۷۰/۸	۷۰۶۸
سرپل دشت	۸۳۲۰/۸	۱۳۳۳۵/۵	۹۵۵/۸	۹۷۷۴	۱۷۸۱/۹	۱۰۴۷۲/۲	قلعه شاهین	کرمانشاه	کرد	کنگاور	گوار	گیلانغرب
آب آبی	۱۷۹۰/۸	۲۶۱۹/۹	۱۵۸۶/۸	۲۹۱۳/۲	۱۵۸۶/۸	۳۲۶۳/۱	۱۶۱۶/۹	۲۳۴۴/۴	۱۷۸۳/۹	۲۶۱۹/۹	۳۷۴	۱۳۴۸/۸
آب سبز	۱۰۱۱۱/۶	۱۵۹۵۵/۴	۲۵۴۲/۶	۱۲۶۸۷/۳	۳۳۶۸/۷	۱۲۷۳۵/۲	۸۹۵۶/۶	۱۷۳۶۲/۷	۷۰۳۶/۳	۱۳۱۸۷/۹	۲۳۶۱/۵	۱۱۶۵۵/۶

جدول ۳- ردپای آب محصولات باغی منطقه بر حسب (m3/ton)

نام دشت	گلایی			انگور			بادام		
	آب آبی	آب سبز	آب کل	آب آبی	آب سبز	آب کل	آب آبی	آب سبز	آب کل
اسلام آباد	.	.	۵۸۶/۵	۴۵/۹	۶۳۲/۴	.	.	.	.
بابا رستم	.	.	۶۸۲/۱	۱۱۷/۷	۷۹۹/۸	.	.	.	.
بشیوه	.	.	۶۸۲/۱	۱۱۷/۷	۷۹۹/۸	.	.	.	.
بیونج	۸۹۱/۶	۲۶/۸	۹۱۸/۴	۲۳	۴۴۲/۲	۴۶۵/۲	۲۴۱/۸	۷۴۱۶/۴	۲۴۱/۸
پاوه	۱۲۸۵/۹	۴۶/۹	۱۳۳۲/۸	۶۰/۳	۶۴۵/۳	۷۰۵/۶	۴۶۱/۵	۱۰۹۰۵/۸	۴۶۱/۵
دیره	.	.	۴۸۲/۲	۵۱/۷	۵۳۳/۹	.	.	.	.
دینور	.	.	۶۱۷/۸	۱۰۳/۳	۷۲۱/۱	۹۹۹۷/۵	۹۰/۱/۱	۱۰۸۹۸/۶	۹۰/۱/۱
دشت جنوبی	.	.	۴۸۲/۲	۵۱/۷	۵۳۳/۹	.	.	.	.
سنقر	۶۰۳۳/۶	.	۶۰۳۳/۶	۴۸/۸	۶۲۳/۵	۹۳۰۲/۴	۴۶۱/۵	۹۷۶۳/۹	۴۶۱/۵
صحنه بیستون	۱۱۸۵/۴	۸۷/۲	۱۲۷۲/۶	۱۰۳/۳	۷۲۱/۱	۹۹۹۷/۵	۹۰/۱/۱	۱۰۸۹۸/۶	۹۰/۱/۱
قلعه شاهین	.	.	۶۸۲/۱	۱۱۷/۷	۷۹۹/۸	.	.	.	.
قلعه شیان	.	.	۵۸۶/۵	۴۵/۹	۶۳۲/۴	.	.	.	.
کرمانشاه	۶۵۳۴/۷	.	۶۵۳۴/۷	۱۰۶/۲	۷۳۹/۷	۱۰۳۸۲/۴	۸۷۵/۱	۱۱۲۳۹/۵	۸۷۵/۱
کرد	.	.	۴۶۸/۱	۲۳	۴۹۱/۱	.	.	.	.
کنگاور	۶۰۳۳/۶	.	۶۰۳۳/۶	۴۸/۸	۶۲۳/۵	۹۳۰۲/۴	۴۶۱/۵	۹۷۶۳/۹	۴۶۱/۵
گیلانغرب	.	.	۵۰۱/۸	۴۸/۸	۵۵۰/۶	.	.	.	.

ادامه جدول ۳- رد پای آب آبی محصولات باغی منطقه برحسب (m³/ton)

محصول	سیب	گیلاس آلبالو	آلو	هلو	زردآلو	گردو	انار
نام دشت	آب آبی	آب آبی	آب آبی	آب آبی	آب آبی	آب آبی	آب آبی
اسلام آباد	۵۹۲/۷	.	.	۸۴۵/۶	۱۳۶۲/۶	۷۱۸۱/۹	۲۲۷۳/۲
بابا رستم	۷۰۹/۵	.	.	.	.	۸۸۳۸/۱	۲۷۹۲/۱
بشیوه	.	.	.	.	.	.	۲۷۹۲/۱
بیونج	۴۴۲/۸	.	.	.	.	۵۳۴۴/۶	۱۷۱۳/۸
پاوه	۶۴۱/۹	.	.	.	.	۷۶۹۶/۸	۲۴۶۸/۱
حسن آباد	۵۹۲/۷	.	.	.	.	.	.
دیره	.	.	.	.	.	.	۲۰۳۲/۷
دینور	۵۸۳/۸	۵۶۰/۱	۱۲۳۰	۸۵۶/۸	۱۴۰۸/۲	۷۵۱۵/۹	.
ذهاب جنوبی	۴۸۲/۲	.	.	.	.	.	۲۰۳۲/۷
سقر	۵۶۵/۹	۵۳۱/۸	۱۱۴۹/۶	۸۰۸/۱	۱۳۱۵/۳	۶۹۹۴	.
صحنه بیستون	۵۸۳/۸	۵۶۰/۱	۱۲۳۰	۵۸۶/۸	۱۴۰۸/۲	۷۵۱۵/۹	.
قلعه شاهین	۷۰۹/۵	.	.	.	.	.	۲۷۹۲/۱
قلعه شیان	۵۹۲/۷	.	.	.	۱۳۶۲/۶	.	۲۲۷۳/۲
کرمانشاه	۶۰۳/۶	۵۷۶/۲	۱۲۶۲/۹	.	۱۴۴۵/۴	۷۸۳۶	.
کرنده	۴۶۹	.	.	.	.	.	۱۸۰۴/۹
کنگاور	۵۶۵/۹	۵۳۱/۸	۱۱۴۹/۶	۸۰۸/۱	۱۳۱۵/۳	۶۹۹۴	.
گاور	۵۹۲/۷	.	.	.	.	.	.
گیلانغرب	۵۳۲/۱	.	.	.	.	۶۶۷۳/۸	۲۱۱۸/۸

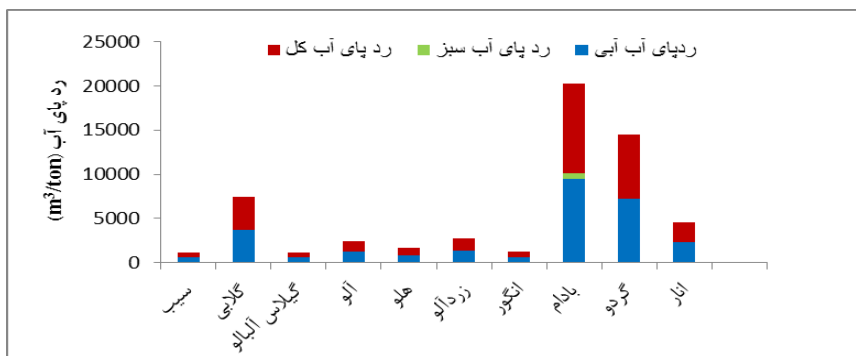
*** گلابی، انگور و بادام به صورت دیم و آبی کشت می‌شوند. سایر محصولات باغی فقط به صورت آبی کشت می‌شوند.

درصد بسیار اندکی از نیاز خالص آبی محصولات باغی توسط آب سبز تامین می‌شود و کشت محصولات باغی در استان کرمانشاه به منابع آب سطحی و زیرزمینی وابسته است و باعث استفاده بیشتر از منابع آبی موجود شده و می‌تواند در تحلیل منابع آبی استان بسیار تاثیرگذار باشد.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد از میان تمام محصولات باغی کشت شده در دشت‌های استان کرمانشاه، بادام، گردو، گلابی و انار به ترتیب با ۱۰۱۳۳/۱، ۷۲۵۹/۱، ۳۷۱۴/۴ و ۲۲۸۱/۳ متر مکعب در تن بیشترین مقادیر رد پای آب کل را به خود اختصاص دادند. همچنین گلابی، بادام و انگور به ترتیب با نسبت‌های ۶۸/۳، ۱۵/۶ و ۸/۳ بیشترین نسبت آب آبی به آب سبز را دارند. نتایج کلی نشان می‌دهد

جدول ۴- رد پای آب و نسبت رد پای آب آبی به سبز محصولات باغی در محدوده مطالعاتی

محصولات باغی	رد پای آب آبی	رد پای آب سبز	رد پای آب کل	درصد رد پای آب آبی	درصد رد پای آب سبز	نسبت رد پای آبی به رد پای سبز
سیب	۵۷۸/۸	.	۵۷۸/۸	۱۰۰	.	*
گلابی	۳۶۶۰/۸	۵۳/۶	۳۷۱۴/۴	۹۸/۶	۱/۴	۶۸/۳
گیلاس آلبالو	۵۵۲	.	۵۵۲	۱۰۰	.	*
آلو	۱۲۰۵	.	۱۲۰۵	۱۰۰	.	*
هلو	۸۳۵/۱	.	۸۳۵/۱	۱۰۰	.	*
زردآلو	۱۳۷۵/۹	.	۱۳۷۵/۹	۱۰۰	.	*
انگور	۵۷۸/۷	۶۹/۶	۶۴۸/۳	۸۹/۳	۱۰/۷	۸/۳
بادام	۹۵۲۰/۹	۶۱۲/۲	۱۰۱۳۳/۱	۹۴	۶	۱۵/۶
گردو	۷۲۵۹/۱	.	۷۲۵۹/۱	۱۰۰	.	*
انار	۲۲۸۱/۳	.	۲۲۸۱/۳	۱۰۰	.	*



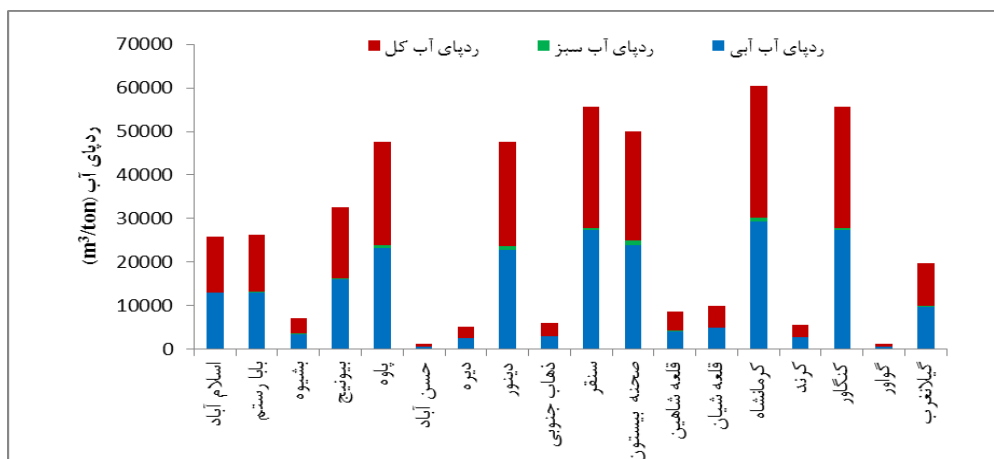
شکل ۴- نمودار مقایسه ردپای آب محصولات باغی استان کرمانشاه

سبز بوده که نشان‌دهنده اتکای تولید محصولات باغی بر استفاده از منابع آبی سطحی و زیرزمینی است. لذا با توجه به خشکسالی‌های اخیر و کمبود منابع آبی باید از منابع آب موجود به بهترین نحو استفاده نمود و کشت محصولات با نیاز آبی کمتر و عملکرد بالاتر مورد برنامه‌ریزی قرار گیرد.

نتایج جدول (۴) و شکل (۵) نشان می‌دهد دشت‌های کرمانشاه، کنگاور و سنقر، صحنه- بیستون و پاوه به ترتیب با ۳۰۳۴۱، ۲۷۷۸۵/۷، ۲۵۰۴۷/۱ و ۲۳۷۹۶ متر مکعب در تن رد پای آب، بیشترین سهم را در استان دارند و در تمام این دشت‌ها بیشتر نیاز آبی محصولات از طریق آبیاری تامین شده و ردپای آب آبی بیشتر از آب

جدول ۴- مقایسه ردپای آب محصولات باغی در دشت‌های مورد مطالعه

شاخص	اسلام آباد	بابا رستم	بشپوه	بیونج	پاوه	حسن آباد	دیره	دینور	ذهاب جنوبی
ردپای آب آبی	۱۲۹۱۸/۷	۱۳۰۲۱/۸	۳۴۷۴/۲	۱۶۰۰۹/۶	۲۳۲۲۷/۳	۵۹۲/۷	۲۵۱۴/۹	۲۲۷۷۰/۱	۲۹۹۷/۱
ردپای آب سبز	۴۵/۹	۱۱۷/۷	۱۱۷/۷	۲۹۱/۶	۵۶۸/۷	۰	۵۱/۷	۱۰۰۴/۴	۵۱/۷
ردپای آب کل	۱۲۹۶۴/۶	۱۳۱۳۹/۵	۳۵۹۱/۹	۱۶۳۰۱/۲	۲۳۷۹۶	۵۹۲/۷	۲۵۶۶/۶	۲۳۷۷۴/۵	۳۰۴۸/۸
ردپای آب آبی	۲۷۲۷۵/۴	۲۳۹۵۵/۵	۴۱۸۳/۷	۴۸۹۱/۲	۲۹۲۷۷/۷	۲۸۰۳/۴	۲۷۲۷۵/۴	۶۶۸/۹	۹۸۲۶/۵
ردپای آب سبز	۵۱۰/۳	۱۰۹۱/۶	۱۱۷/۷	۴۵/۹	۹۶۳/۳	۲۳	۵۱۰/۳	۰	۴۸/۸
ردپای آب کل	۲۷۷۸۵/۷	۲۵۰۴۷/۱	۴۳۰۱/۴	۴۹۳۷/۱	۳۰۲۴۱	۲۸۲۶/۴	۲۷۷۸۵/۷	۶۶۸/۹	۹۸۷۵/۳



شکل ۵- نمودار مقایسه ردپای آب دشت‌های استان کرمانشاه

مدنظر قرار گیرند و بهترین الگوی کشت انتخاب شود و حتی المقدور محصولات کشاورزی با ردپای آب کمتر در سطح استان کشت شده و به منظور تامین نیاز استان به سایر محصولات مورد نیاز که شاخص ردپای آب بالایی دارند، از استان‌های همجوار مستعد کمک گرفته شود. همچنین می‌توان با اقدامات مدیریتی نظیر کم آبیاری، مالچ پاشی و افزایش بهره‌وری مصرف آب با استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری، مقدار ردپای آب محصولات را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Chukalla et al., 2015).

در صورتی که بخواهیم با توجه به نتایج حاصل از شاخص ردپای آب، مناسب‌ترین مکان‌ها را برای کشت محصولات زراعی و باغی استان کرمانشاه انتخاب کنیم، جدول ۵ را می‌توان ارائه نمود. در بسیاری از دشت‌های استان برای یک محصول خاص، اختلاف بسیار اندکی بین مقدار شاخص کل ردپای آب وجود دارد. لذا انتخاب بهترین و مستعدترین مکان برای کشت آن محصول باید با در نظر گرفتن منافع ملی و اقتصادی انجام شود. در واقع لازم است تا مکان‌های پیشنهاد شده در جدول ۵ به عنوان اولویت در تولید محصولات موجود

جدول ۵- دشت‌های مناسب از منظر شاخص ردپای آب برای تولید محصولات کشاورزی

نام دشت	محصول	نام دشت	محصول
قصر شیرین	پیاز	کرد، اسلام آباد، حسن آباد، قلعه شیان، گاوور	گندم
کرد	هندوانه	کرد، اسلام آباد، حسن آباد، قلعه شیان، گاوور	جو
کرد	خیار	کرد	نخود
بیونج- صحنه بیستون	گل‌ابی	بیونج، کرد	عدس
بیونج- کرد	انگور	کرد، جالوند، دیره، ذهاب شمالی، ذهاب جنوبی	ذرت دانه ای
بیونج-	بادام	اسلام آباد، قلعه شیان، کرمانشاه، دیره، پاچه چله، گیلانغرب	ذرت علوفه ای
بیونج، ذهاب جنوبی	سیب	دشت کرد (با اختلاف اندکی با سایر دشت‌ها)	چغندرقد
بیونج	گردو	سنقر، صحنه- بیستون، کنگاور (با اختلاف اندکی با سایر دشت‌ها)	یونجه
بیونج (با اختلاف اندکی با سایر دشت)	انار	تمامی دشت‌های تحت کشت به عنوان مناطق مستعد انتخاب می‌شوند	شیدر
سنقر(با اختلاف اندکی با سایر دشت‌ها)	گیلاس- آلبالو	دیره، ذهاب جنوبی	گوجه فرنگی
دینور، صحنه- بیستون	آلو	ذهاب جنوبی، ذهاب شمالی	کنجد
سنقر(با اختلاف اندکی با سایر دشت‌ها)	هلو	کرد	لوبیا
سنقر(با اختلاف اندکی با سایر دشت‌ها)	زردآلو	اسلام آباد (با اختلاف اندکی با سایر دشت‌ها)	سیب زمینی

شامل شیدر، یونجه و ذرت علوفه‌ای به ترتیب ردپای کل آب (آبی)، ۱۲۲۰/۴، ۸۷۶/۲ و ۱۵۰/۸ مترمکعب در تن بدست آمد. نتایج نشان داد که ذرت علوفه‌ای به عنوان محصول برتر کمترین میزان ردپا را دارد و کشت آن در دشت‌های استان توصیه می‌شود. برای گروه سبزیجات شامل سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی به ترتیب ردپای کل آب (آبی) ۲۲۲/۷، ۲۰۲/۴ و ۱۷۸/۸ مترمکعب در تن شد. سیب زمینی بیشترین ردپای آب را به خود اختصاص داده ولی در یک نگاه کلی شاخص ردپای آب برای گروه سبزیجات تفاوت چندانی باهم ندارند و کشت همه‌ی آنها در تمامی دشت‌های استان، در صورتی که با محدودیت منابع آب به منظور تامین نیاز آبی آنها روبرو نباشند توصیه می‌شود. برای محصولات جالیزی نظیر خیار و هندوانه به ترتیب شاخص ردپای آب کل (آبی) ۳۵۴/۷ و ۱۴۷/۸ مترمکعب در تن بدست آمد. در بخش تولیدات باغی، بادام و گردو با ۱۰۱۳۳/۱ و ۷۲۵۹/۱ مترمکعب در تن رد پای آب در صدر گروه قرار دارند. سیب و گیلاس-آلبالو به ترتیب با میانگین ردپای آب ۵۷۸/۸ و ۵۲۲ مترمکعب در تن، به عنوان مناسب‌ترین محصولات باغی برای کشت

نتیجه‌گیری

کشاورزی به عنوان مهم‌ترین بخش مصرف کننده آب در جهان سبب استفاده فشرده از منابع آب و تاثیر مستقیم بر کیفیت و کمیت آب شده است. از این رو شاخصی برای مدیریت پایدار و همه‌جانبه منابع آب با عنوان ردپای آب ارائه شده است. این پژوهش با هدف بررسی شاخص ردپای آب محصولات زراعی و باغی کشت شده در دشت‌های استان کرمانشاه انجام شد. نتایج نشان داد در بخش تولیدات زراعی در گروه غلات، بالاترین میانگین ردپای آب مربوط به ذرت (۱۱۱۳/۳ متر مکعب در تن) و پایین‌ترین میانگین ردپای آب مربوط به جو (۷۴۶/۷ متر مکعب در تن) بوده است. ردپای آب سبز برای جو نیز ۶۲/۴ درصد به دست آمد. برای گروه حبوبات، لوبیا و عدس به ترتیب با میانگین ردپای آب ۳۶۸۶/۳ و ۱۴۱۳/۳ مترمکعب در تن، به ترتیب کمترین و بیشترین سهم ردپای آب را به خود اختصاص دادند. در گروه محصولات صنعتی؛ چغندرقد، آفتابگردان و کنجد به ترتیب ۱۶۹/۴، ۳۴۸۱/۴ و ۴۴۰۲/۷ مترمکعب در تن ردپای آب کل (آبی) را به خود اختصاص دادند. برای گروه نباتات علوفه‌ای

با اعمال اثر تغییر اقلیم. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۰، ۴: ۱۰۸۹-۱۰۷۵.

یوسفی، ح.، محمدی، ع.، نوراللهی، ی.، ساداتی نژاد، س.ج. ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص ردپای آب محصولات زراعی و باغی استان تهران. نشریه حفاظت آب و خاک، ۲۴، ۶: ۸۵-۶۷.

Allen R.G., Pereira, L.S., Raes D and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration- Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998, ISBN 92-5-104219-5.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H. H. G and Gautam, R. 2006. The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics. 60.1: 186-203.

Chapagain, A. K and Hoekstra, A.Y. 2011. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. Ecological Economics. 70.4: 749-758.

Chouchane, H., Hoekstra, A.Y., Krol, M.S and Mekonnen, M. M. 2015. Water footprint of Tunisia from an economic perspective. Ecological Indicators. 52: 311-319.

Chukalla, A.D., Krol, M.S and Hoekstra, A.Y. 2015. Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. Hydrology and Earth System Science. 19: 4877-4891.

Dota, A. 2014. Theodosiou N. Estimation of green and blue water footprint. Application in the agricultural sector of Karditsa Prefecture. Conference: Protection and Restoration of the Environment XII.

Dumont, A., Salmoral, G and Llamas, M. R. 2013. The water footprint of a river basin with a special focus on groundwater: The case of Guadalquivir basin (Spain). Water Resources and Industry. 1.2: 60-76.

Falkenmark, M. 1997. Meeting Water requirement of an expanding world population. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci R. 352.1356: 929-936.

Gerbens-Leenes, W., Hoekstra, A.Y and Van der Meer, T.H. 2009. The water footprint of bioenergy. Proceedings of the National Academy of Sciences. 106. 25: 10219-10223.

Gleick, P.H. 1993. Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources, 1 edition. Oxford University.

Hoekstra, A.Y and Hung, P.Q., 2005. Globalization of water resources : International virtual water flows in relation to crop trade. Global Environmental Change . 15.1: 45-56.

در دشت‌های استان توصیه می‌شوند. در میان تمام دشت‌های استان، در بخش تولیدات زراعی و باغی دشت کرمانشاه بیشترین سهم ردپای آب را دارد.

منابع

اخوان، س.، عابدی کوپایی، ج.، موسوی، س.ف.، عباسپور، ک.، افیونی، م.، اسلامیان، س.س. ۱۳۸۹. تخمین آب آبی و آب سبز با استفاده از مدل SWAT در حوضه آبریز همدان - بهار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۴، ۵۳: ۲۳-۹.

آبایی، ب.، رضانی اعتدالی، ه. ۱۳۹۴. برآورد اجزا ردپای آب در تولید محصول گندم در سطح کشور. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹، ۶: ۱۴۶۸-۱۴۵۸.

رسولی مجد، ن. ۱۳۹۴. شناسایی و ارزیابی شاخص ردپای آب به تفکیک آب آبی، آب سبز و آب خاکستری با اعمال تغییر اقلیم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه.

سهرابی، ر. ۱۳۸۶. تهیه مدل ریاضی محاسبه میزان بهینه استفاده از آب مجازی در تأمین آب مورد نیاز منطقه به لحاظ شرایط اقتصادی، اجتماعی و امنیت غذایی. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

عربی یزدی، ا.، نیک‌نیا، ن.، مجیدی، ن.، امامی، ح. ۱۳۹۳. بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص ردپای آب (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴، ۸: ۷۴۶-۷۳۵.

علیقلی‌نیا، ت.، رضایی، ح.، بهمنش، ج.، منتصری، م. ۱۳۹۵. تخمین و ارزیابی ردپای آب آبی و سبز محصولات عمده مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳، ۳: ۳۴۴-۳۳۷.

غلامحسین پور جعفری نژاد، ا.، علی زاده، ا.، نشاط، ع. ۱۳۹۲. بررسی ردپای اکولوژیک آب و شاخص‌های آب مجازی در محصولات پسته و خرما در استان کرمان، مهندسی آبیاری و آب ایران، ۴، ۱۳: ۸۰-۸۹.

محمدی، ع.، یوسفی، ح.، نوراللهی، ی.، ساداتی نژاد، س.ج. ۱۳۹۶. انتخاب بهترین استان در تولید سیب زمینی از طریق ارزیابی شاخص ردپای آب. اکوهیدرولوژی، ۴، ۲: ۵۳۲-۵۲۳.

منتصری، م.، رسولی مجد، ن.، بهمنش، ج.، رضایی، ح. ۱۳۹۵. ارزیابی شاخص ردپای آب محصولات زراعی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

- Entwicklungs Forschung (ZEF) (Term paper for the interdisciplinary course, International Doctoral Studies).
- Postel, S. L. 2000. Entering an era of water scarcity: The challenges ahead. *Ecological Applications*. 10.4: 941-948.
- Rodriguez, C.I., de Galarreta, V. R and Kruse, E.E. 2015. Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina. *Cleaner Production*. 90: 91-96.
- WWAP.2009. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a changing world, World Water Assessment Programme. UNESCO Publishing. Paris/Earthscan. London.
- Yuhang, W., Deshan, T., Ding, Y and Agoramoorthy, G. 2016. Incorporating water consumption into crop water footprint: A case study of China's south- north water diversion project. *Sci. Total Environ* 545.14: 601-608.
- Zhuo, L., Mekonnen, M. M., Hokestra, A.Y and Wada, Y.2016. Inter- and intra-annual variation of water footprint of crops and blue water scarcity in the Yellow River basin (1961-2009). *Adv. Water Resource*. 87.11: 29-41.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M. M and Mekonnen, M.M. 2009. *Water Footprint Manual*. Enschede, the Netherlands: Water Footprint Network.
- HuiSu, M., HuiHuang, C. YangLi, W., ToTso, C and ShengLur, H., 2015. Water footprint analysis of bioethanol energy crops in Taiwan. *Journal of Cleaner Production*. 88: 132-138.
- Liu, J., Zehnder, A.J.B and Yang, H. 2009. Global consumptive water use for crop production: The importance of green water and virtual water, *Water Resources Research*. 45.5:1-15.
- Mekonnen, M.M and Hoekstra, A.Y. 2010. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*. 14: 1259-1276.
- Mekonnen, M.M and Hoekstra, A.Y. 2014. Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment. *Ecological Indicators*. 46: 214-223.
- Molden, D. 2007. *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*, Earthscan, London, UK..
- Obuobie, E., Gachanja, P. M and Dorr, A.C. 2005. *The role of green water in food trade*. Bonn: Zentrum für

The Determination of Optimal Cultivation Pattern According to Water Footprint Index(case study: Kermanshah province)

S. Farzi¹, M.R. Golabi^{2*}, F. Radmanesh³

Recived: Augu.19, 2018

Accepted: Sept.27, 2018

Abstract

The footprint of water in a product is defined as the used water to produce it. Present study is conducted with the aim of calculating the footprint of water in farm and gardening products in 24 plains of Kermanshah province in the 2015-2016 cultivative year. The function and parameters impressing the calculations were collected using the statistics provided by agricultural organization of Jihad. The aquatic need of plants was extracted by CropWat software and the footprint of products was calculated. Results showed that among the agricultural studied products, of his plain, watermelon, forage corn and Sugar beet were identified as the appropriate products according to average index of water footprint and on the other side, sesame, beans and sunflower were identified as the the most inappropriate products according to the index. In the gardening sector, almond and cherry- sour cherry were identified as the most inappropriate and appropriate products according to the above index, respectively. Among all the plains of Kermanshah, kermansh allocated the most portion of water index footprint in the gardening sector. The footprint of blue water is nearly more than green in studied products; representing the dependence of products to surface and ground water resources. Hence, according to recent droughts and water shortage, water resources must be used accurately and decision must be made for cultivating the products with less water requirement and better performance .Also, the index of water footprint in products can be reduced considerably by measures such as deficit irrigation, mulching and by the use of modern irrigation systems .

Keywords: blue water, green water, water footprint index, optimal cultivation

1- M. Sc. Graduated Student of Irrigation and Drainage Department of Water Engineering in Razi University of Kermanshah

2- Ph.D. Student, Department of Water Resources Engineering in Shahid Chamran University of Ahvaz

3- Associate Professor of Water Engineering Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

(*- Corresponding Author Email: Hamidgolabi@gmail.com)