سال هفتم، شماره ۱، ۱۳۹۹، صفحات ۲۳ تا ۳۶
نشریه آب و توسعه پایدار

2020, Vol.7, No.1, Pages 23 to 36
Journal of Water and Sustainable Development

**نوع مقاله:** مروری

**Article Type:** Review

# مسائل و راهکارهای استفاده بهینه و پایدار از منابع آب برای تولیدات دامی با تکیه بر ارتقاء بهره‌وری آب دامی

**نادر حیدری**
دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

E-Mail: nrheydari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۶

## چکیده

تولید محصولات دامی در شرایط کمبود آب و به دلیل بالا بودن محتوی آب مجازی آنها، همواره مورد مناقشه محافل علمی بوده است. برخی منابع علمی معتقدند که تولید محصولات دامی به دلیل نیاز زیاد آنها به تولید محصولات علوفه‌ای، به منابع آب کشورهای کم‌آب، آسیب می‌زند؛ در حالیکه منابع علمی دیگری بر این عقیده‌اند که در نیاز به آب زیاد برای تولید محصولات دامی اغراق شده و در موارد زیادی «بهره‌وری آب دامی» با بهره‌وری آب بعضی محصولات زراعی، به خصوص وقتی که پروتئین حاصله و ارزش تغذیه‌ای محصولات و یا سایر خدمات دام ملاک قرار گیرند، قابل مقایسه هستند. به‌هرحال همانند بحث بهره‌وری آب کشاورزی، حل مسئلهٔ تولید دام از منابع آبِ محدود، در گرو بهبود بهره‌وری آب دامی است. بر حسب تعریف، بهره‌وری آب دامی عبارت است از نسبت منافع خالص حاصل از محصولات و خدمات مرتبط با دام به میزان آب مصرفی در تولید محصولات دامی. در بحث بهره‌وری آب دامی هدف، افزایش تعداد دام و یا افزایش میزان تولیدات دامی نیست؛ بلکه هدف اصلی ایجاد فرصت‌های لازم با همان منافع و با تعداد دام کمتر و تقاضای کمتر آب کشاورزی برای تولید علوفه می‌باشد. در این مقاله ضمن بررسی دیدگاه‌های علمی مختلف در خصوص مزیت تولید محصولات دامی در شرایط کمبود منابع آب با در نظرگرفتن بهره‌وری آب محصولات زراعی و دامی، مفهوم شاخص بهره‌وری آب دامی و نحوهٔ محاسبه آن، تشریح شده است. سپس مقادیر کمّی و ظاهری این شاخص بر اساس منابع مختلف، ارائه گردیده و منابع خطا، مسائل و چالش‌های اندازه‌گیری واقعی آن، تشریح شده است. به طور کلی تولیدات دامی می‌توانند به عنوان یک روش مؤثر و یا بالعکس ناکارآمد در تولید غذا برای مردم-بسته به انتخاب مقیاس و سیستمی که دام در آن تولید می‌شود- تلقی شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ایران، ارتباطات لازم در بحث تولید دام با آب مصرفی، به خصوص در سیستم‌های ترکیبی زراعت-دام و در مقیاس حوضه‌آبریز، هنوز ایجاد نشده است.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری، دام، منابع آب، استفاده بهینه، کشاورزی، راهکار.

# Issues and Measures of Efficient and Sustainable Use of Water Resources in Livestock Production with Emphasis on Livestock Water Productivity

**N. Heydari**
Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organisation (AREEO), Karaj, Iran.

E-Mail: nrheydari@ nrheydari@ gmail.com

Received: 01-07-2019
Accepted: 07-12-2019

## Abstract

Under water scarcity conditions livestock production, because of its high content virtual water, has been one of the challenging issues in the scientific literature in this regard. A few scientific references believe that forage crops production, because of their high water requirements, make pressure on water resources of scarce-water countries. Other references are on this idea that there is to somehow exaggeration on the high water requirements of the livestock productions. Therefore, in most cases the livestock water productivity (LWP), especially when the protein content and nutritional values of livestock products and other services are considered, is comparable with the water productivity (WP) of agricultural crops. However, similar to the issues of improvement of WP in agriculture, the key point of livestock production from limited water resources is the improvement of LWP. LWP is defined as the ratio of the net benefit obtained from livestock products and other services to the water used for such productions and services. Livestock water productivity does not seek to maximise the number of livestock or the production of animal products and services. Rather, it opens opportunities to produce the same benefits with fewer animals and less demand for agricultural water. This paper reviews different views on livestock production under water scarcity circumstances considering WP and LWP improvement issues. It then deals with the definition and concepts of LWP and its methods of estimation and calculations. The paper provides some apparent values of LWP measured in different studies and elaborates the issues, difficulties, and sources of errors in this regard. Livestock production could be indicative of an efficient or inefficient use of water resources depending to the method of estimates, calculation approach, and or selected scale. Paper concludes that for the required links between livestock production and use of water resources, especially in the mixed livestock-farming systems and in basin-scale are not established well.

**Keywords:** Productivity, Livestock, Water resources, Optimum use, Agriculture, Measure.



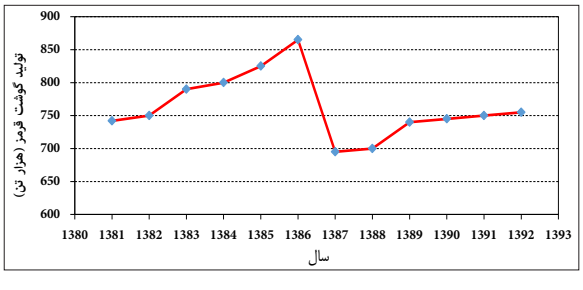
DOI: 10.22067/jwsd.v7i1.81648

## مقدمه

به دلیل محدودیت منابع آب و بارش کم در مراتع، تأمین علوفه و غذای مورد نیاز دام مهمترین عامل بازدارنده تولید دام در مناطق خشک جهان و از جمله ایران است. از طرفی دیگر رقابت برای تولید محصولات زراعی مورد تغذیه انسان به جای تأمین غذا از منابع دامی، یکی دیگر از عوامل مهم در این زمینه به شمار می روند (Kamalizadeh و همکاران، ۲۰۰۸).

میزان مصرف گوشت (قرمز و سفید) در کشور بالا بوده و با توجه به محدودیت‌های تولید محصولات دامی در کشور، بخشی از نیاز مصرف گوشت در کشور از طریق واردات محصولات دامی تأمین می‌شود. مطابق اطلاعات سازمان خواربار جهانی (فائو)[1]، کشور ایران در سال ۲۰۱۱ میلادی سیزدهمین واردکننده گوشت قرمز در جهان بوده است (جلالی و میر ابراهیمی، ۱۳۹۴).

از نظر روند تولید گوشت قرمز در کشور، همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، برخلاف افزایش تولید در فاصله سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶، میزان تولید گوشت قرمز در کشور در سال ۱۳۸۷ با کاهش ناگهانی (بیش از ۱۵۰ هزار تن) مواجه شده است[2]. پس از آن تولید با شیب ملایمی افزایش یافته و در سال ۱۳۹۲ تقریباً به میزان تولید در ۱۰ سال قبل آن رسیده است. به‌هرحال بر اساس آمار منتشره در آمارنامه محصولات وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۶، میزان تولید گوشت قرمز در آن سال بالغ بر ۸۳۸ هزار تن می‌باشد.




شکل ۱- میزان تولید گوشت قرمز طی سال های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ در کشور

در مجموع تولید محصولات و فرآورده‌های دامی در سال‌های اخیر رشد زیادی داشته و برای محصولاتی نظیر شیر، گوشت قرمز، گوشت سفید، و تخم‌مرغ به ترتیب برابر ۷/۲، ۳/۱، ۷/۹ و ۵/۴ درصد در سال بوده است (Kamalizadeh و همکاران، ۲۰۰۸). به عنوان نمونه نرخ رشد تولید گوشت قرمز در کشور طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ معادل ۳/۶ درصد رشد (قره داغی و همکاران، ۱۳۹۲) و در مورد تولید شیر طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ به ترتیب نرخ رشد سالانه و ۵ سالانه برابر ۳/۶۲ و ۱۸/۱ درصد رشد داشته است (فضایلی، ۱۳۹۴).

برخلاف افزایش تولید محصولات دامی نظیر گوشت مرغ و گوشت قرمز در کشور، سرانه مصرف آن نیز طی سنوات گذشته افزایش یافته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سرانه مصرف گوشت مرغ در کشور در حال افزایش بوده به طوری که از ۱۴ کیلوگرم بر هر نفر در سال ۱۳۸۱ به ۲۶ کیلوگرم بر هر نفر در سال ۱۳۹۲ رسیده است. در حالیکه سرانه مصرف گوشت قرمز دارای نوسان بوده به نحوی که از ۱۱/۳ کیلوگرم در سال ۱۳۸۱ به ۱۳/۱ کیلوگرم در سال ۱۳۸۶ و ۱۰/۶ کیلوگرم در سال ۱۳۹۲ رسیده است (جلالی و میر ابراهیمی، ۱۳۹۴)[3].

محصولات دامی علاوه بر تأمین نیاز غذایی انسان و ایجاد امنیت غذایي جامعه، از طریق ایجاد درآمد، نقشی اساسی در توسعه اقتصادی کشاورزان و دامداران به عهده دارند. این محصولات شامل شیر، گوشت، تخم‌مرغ، محصولات جانبی قابل استفاده برای انسان (مانند چرم، پوست، پشم، کود دامی و ...) است. فرآوری و بازاریابی این محصولات نیز ارزش اقتصادی و نقش آنها را در اقتصاد ملی چندین برابر می‌کند. بر اساس آمار منتشره از سازمان خواروبار و کشاورزی جهاني (فائو)، بخش دامپروري در بيشتر كشورهاي در حال توسعه و حتي توسعه يافته حدود ۵۰ درصد درآمد ناخالص ملي را در بخش كشاورزي و بيش از ۲۰ درصد كل درآمد ناخالص ملي را شامل مي‌شود (قره‌داغی و همکاران، ۱۳۸۸). به عنوان نمونه در کشور پاکستان دامپروری یکی از زیر بخش‌های مهم بخش کشاورزی است که ۵۶ درصد ارزش افزوده این بخش را شامل شده و ۱۱ درصد تولید ناخالص ملی (GDP)[4] این کشور را شامل می‌گردد (Rehman و همکاران، ۲۰۱۷). تولیدات دامی نقش مهمی در تسکین و رفع فقر دارند. از حدود ۷۷۰ میلیون نفر در جهان که درآمدی کمتر از ۱/۹ دلار آمریکا در روز دارند، تقریبا نیمی از آنها برای معیشت خود به دامپروری وابسته هستند (FAO، ۲۰۱۸-a)

با این حال در محافل علمی جهان هنوز در زمینهٔ تولید محصولات دامی از لحاظ تأثیرات مخرّب آن از نظر استفادهٔ بیش از حد از منابع آب برای تولید محصولات علوفه‌ای و تأثیرات سوء آن بر مراتع، محیط‌زیست، و اقلیم، اختلاف‌نظر و مناقشه وجود دارد. بعضی منابع معتبر جهانی، تولید دام را یکی از تهدیدات مهم برای استفاده پایدار از منابع آب طی دهه‌های آینده می‌دانند. نگرانی اصلی در این زمینه نیاز به مقادیر زیادی از آب برای تولید غذای انسان از منابع دامی است. گزارش شده که تولید یک لیتر شیر به آب زیادی نیاز دارد (Drastig و همکاران، ۲۰۱۰؛ Irfan و Mondal، ۲۰۱۶) دارد. به عنوان مثال، Aamoum (۲۰۱۵) مصرف آب (آب سبز) برای تولید یک لیتر شیر در فنلاند را برابر ۸۲۶ لیتر برآورد نموده است و لذا بعضی از مراجع کاهش سریع منابع آب زیرزمینی را به تولیدات دامی نسبت داده‌اند. گزارش شده است که تولید یک کیلوگرم گوشت گوساله تغذیه شده با غلات به ۱۰۰/۰۰۰ لیتر آب نیاز دارد در حالی که تولید یک کیلوگرم سیب‌زمینی فقط ۵۰۰ لیتر آب مصرف می‌نماید (Goodland و Pimental، ۲۰۰۰؛ Nierenberg، ۲۰۰۵). ولی بعضی منابع (SIWI، ۲۰۰۵؛ Hoekstra

و Hung، ۲۰۰۳) بر این عقیده نبوده و معتقدند که برای تولید یک کیلوگرم گوشت گوساله تغذیه شده با غلات، فقط ۱۵۰۰۰ لیتر آب مصرف می‌شود.

در مجموع اکثر منابع علمی نظیر Chapagain و Hoekstra (۲۰۰۳) بر این موضوع اتفاق نظر دارند که تولید یک کیلوگرم گوشت خیلی بیشتر از تولید یک کیلوگرم محصول زراعی به آب نیاز دارد.

منابع مختلف حاکی از آن هستند که تفاوت در بهره‌وری آب محصولات زراعی و دامی بر مبنای میزان پروتئین در ماده خشک محصولات، خیلی کمتر از مقادیر بهره‌وری آب بر مبنای وزنِ تر محصولات مذکور می‌باشد. به عنوان نمونه مقدار بهره‌وری آب بر مبنای پروتئین (وزن خشک) محصولات دامی یعنی ۴۱ گرم بر مترمکعب (برای تخم‌مرغ)، ۴۰ گرم بر مترمکعب (شیر) و ۳۳ گرم بر مترمکعب (گوشت سفید)، و ۱۰ گرم بر مترمکعب (گوشت گوساله کالیفرنیا) با مقادیر ۱۵۰ گرم بر مترمکعب (برای سیب‌زمینی)، ۷۷ گرم بر مترمکعب (ذرت)، ۷۶ گرم بر مترمکعب (لوبیا)، ۷۴ گرم بر مترمکعب (گندم)، ۴۹ گرم بر مترمکعب (برنج) و ۱۴ گرم بر مترمکعب (بادام زمینی) قابل مقایسه و برابری هستند (Renault و Wallender، ۲۰۰۰).

در مناطق محروم جهان که دام‌ها معمولاً چرانده شده و یا از بقایای گیاهی برای تأمین خوراک آنها استفاده می‌شود (پس چریدن)، آب کمتری برای تولید دام نسبت به همان میزان آب مصرفی برای تولیدات دامی مبتنی بر خوراک دام، مصرف می‌شود. نگاه مقایسه‌ای دیگری برای ارزش‌گذاری بهره‌وری آب دامی نسبت به بهره‌وری آب محصولات زراعی آن است که مخلوط اسید آمینه پروتئین‌های گیاهی برای انسان خیلی مفید فایده نیستند، مگر آنکه مردم ترکیب مناسبی از غلات و حبوبات را مصرف نموده و یا پروتئین با کیفیت‌تری را از سایر منابع دریافت نمایند. همچنین برای سایر گیاهان نظیر سیب‌زمینی اگرچه بهره‌وری آب بر مبنای پروتیئن آنها بالاست ولی محتوی پروتئین آنها خیلی کم است. بزرگسالان باید ۲۷۰۰ کیلو کالری بر روز انرژی از سیب‌زمینی دریافت کنند تا حداقل نیاز روزانه پروتئین یعنی ۷۵ گرم در روز برای آنها تأمین شود (Beaton، ۱۹۹۱).

این در حالی است که گوشت خیلی فراتر از ۷۵ گرم نیاز روزانه به انرژی را تأمین می‌نماید. بنابراین آب مصرفی برای تأمین میزان پایه ۷۵ گرم پروتئین مورد نیاز، خیلی مؤثرتر از آبی است که برای تولید پروتئین اضافی مورد نیاز (و با فرض تبدیل آن به انرژی) مصرف شده است. تحقیقات نشان داده که مقدار مناسبی از گوشت در جیره غذایی کودکان آفریقایی، موجب تغییرات مثبت زیادی در آنها از لحاظ ذهنی، فیزیکی و رفتاری شده است (Neuman و همکاران، ۲۰۰۳؛ Sigman و همکاران، ۲۰۰۵). این امر حاکی از آن است که تولید گوشت نباید فقط از لحاظ کمّی و میزان وزنی تولید آن ارزیابی شود و بلکه باید به سایر خواص و اثرات جانبی آن بر سلامت انسان نیز نگریسته شود. به هر حال این موضوع در بررسی‌های ارتباط آب با تولید دام مغفول مانده، ولی در سال‌های اخیر توجه به این موضوع در حال گسترش است.

با نگاهی به منابع علمی و بحث‌های فوق در می‌یابیم که اطلاعات و آمار در این زمینه یعنی مقدار آب مصرفی برای تولید یک کیلوگرم محصول غذایی به خصوص برای کشورهای در حال توسعه و بدون در نظر گرفتن محتوی آب مجازی محصولات، ناقص بوده و سئوالات و تردیدهای زیادی را با خود به همراه دارد. این وضعیت برای آب مصرفیِ تولیدات دامی و بحث «بهره‌وری آب دامی»[۵] وخیم‌تر بوده و نیاز به بررسی و تحقیق بیشتری دارد.

در بحث استفادهٔ بهینه از منابع آب در تولید محصولات زراعی و باغی، افزایش مقدار شاخص بهره‌وری آب در کشاورزی، کلید اصلی حل مسأله می‌باشد. به‌طور مشابه برای حل موضوع استفاده بهینه از آب برای تولید محصولات دامی و سیاست‌گذاری‌ها و انتخاب سناریوهای لازم برای تولید محصولات دامی -در قبال محصولات زراعی- نیز شناخت و جاری‌سازی[۶] بحث بهره‌وری آب دامی نقش کلیدی ایفا می‌نماید.

در زمینه جاری‌سازی ادبیات بهره‌وری آب در محصولات زراعی و باغی و تعیین مقدار این شاخص در جهان و از جمله در ایران فعالیت‌های علمی و اجرایی زیادی به عمل آمده است. بررسی‌های انجام شده توسط عباسی و همکاران (۱۳۹۶) حاکی از رشد شاخص بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی طی یک دهه اخیر در کشور بوده، به نحوی که مقدار آن از ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۸۴ به ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۹۴ رسیده است (۱۵۲ درصد افزایش). حیدری (۱۳۹۰) متوسط وزنی شاخص بهره‌وری آب محصولات زراعی کشور (با دخیل نمودن سطح زیر کشت محصولات) را برابر ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد نموده است.

به دلیل شرایط اقلیمی کشور، کشاورزی پایدار و تأمین پایدار غذا برای جامعه به استفاده مؤثر از آب بستگی دارد و تلاش برای بهبود بهره‌وری آب در محصولات زراعی و دامی یکی از چالش‌های اصلی بخش کشاورزی در تأمین امنیت غذایی از منابع محدود آب کشور می‌باشد (Kamalizadeh و همکاران، ۲۰۰۸).

در خصوص تعیین شاخص بهره‌وری آب دامی، برخلاف شروع این بحث در جهان از دهه‌های قبل، در کشور ما هنوز ادبیات آن در محافل علمیِ مرتبط، جاری‌سازی نشده و آمار و ارقام دقیق (و یا حتی برآوردی) از آن در کشور در دسترس نیست. لذا در این مقاله، ضمن تشریح ادبیات موضوع، مفاهیم بهره‌وری آب دامی برگرفته از مطالعات و تحقیقات جهانی برای بهبود شاخص بهره‌وری آب محصولات دامی و با هدف استفاده بهینه از منابع آب کشور ارائه شده و مقادیر فعلی، مسائل، چالش‌ها و راهکارهای کلّی بهبود این شاخص با تکیه بر منابع علمی جهان بحث و بررسی شده و نتیجه‌گیری‌های لازم به عمل آمده است.

## تعریف و مفهوم بهره‌وری آب دامی

بر حسب تعریف «بهره‌وری آب دامی» (LWP) عبارت است از نسبت منافع خالص حاصل از محصولات و خدمات مرتبط با دام (استفاده از نیروی کار دام برای شخم و کارکرد پمپ و پمپاژ آب و ...) به میزان آب مصرفی در تولید محصولات دامی (Peden و همکاران،۲۰۰۷).

این مفهوم به رقابت‌ها در مصرف آب توجه داشته ولی بیشتر به ارتباطات داخلی آب دام، تمرکز دارد. بهره‌وری آب دامی یک مفهوم سیستمی است که هر سیستم تولید، دارای ساختارهای پویا و فرآیندی پیچیده است. سیستم‌های تولید پیچیده بوده و یک چارچوب همبسته می‌تواند به انتخاب مجموعه‌ای از گزینه‌هایی که به استفادهٔ مؤثر و پایدار از آب برای تولیدات دامی کمک می‌نماید، منجر شود.

بهره‌وری آب دامی با مفهوم عام‌تر بهره‌وری آب کشاورزی مرتبط بوده و از آن تأثیر می‌پذیرد. بهره‌وری آب در کشاورزی (WP)[۷] بر حسب تعریف عبارت است از نسبت سود خالص حاصل از تولید محصولات زراعی یا باغی، جنگل، شیلات و دام به مقدار آب مورد نیاز برای کسب منفعت از محصولات کشاورزی مذکور (Molden و همکاران،۲۰۰۷). به عبارت دیگر بهره‌وری آب عبارت است از کمیّت و کیفیت غذا، درآمد، معیشت، و خدمات محیط‌زیستی تولید شده به واحد مقدار آب مصرف شده در این سیستم‌های کشاورزی.

در تعریف مشابه دیگری، بهره‌وری آب دامی از محاسبه نسبت تولیدات حاصل از دام (از قبیل گوشت، شیر، تخم‌مرغ، و یا نیروی کار) بر آب مصرفی برای تولید محصولات دامی (یعنی آبی که به عنوان نهاده تولید مصرف شده و در نتیجه برای مصارف دیگر قابل دسترس و استفاده مجدد نیست) به دست می‌آید (Goodland و Pimental، ۲۰۰۰).

وقتی که مجموعه‌ای از تولیدات دامی (یعنی گوشت (کیلوگرم)، شیر (لیتر)، و نیروی کششی[۸] (اوکس بر روز)[۹]) در محاسبه بهره‌وری آب دامی در نظر گرفته و محاسبه شود، بهره‌وری آب امی باید با واحد اندازه‌گیری مرسوم و مشترکی نظیر قیمت محصول در واحد آب مصرفی (مترمکعب) بیان شوند. در این حالت مقدار آبی که مصرف شده را می‌توان معادل آبی دانست که می‌توانست برای تولید محصولات زراعی با ارزش اقتصادی بالاتر مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین بهره‌وری آب دامی را می‌توان با رابطه زیر محاسبه نمود (رابطه ۱) (Goodland و Pimental، ۲۰۰۰):

$$LWP = \sum \frac{\text{Values of livestock production and services}}{\text{Consumed Water}} \qquad (۱)$$

بهره‌وری آب دامی در واقع نسبت سود خالص حاصل از محصولات مرتبط با دام (گوشت، شیر و...) به میزان آب مصرفی (تخلیه شده)[۱۰] برای تولید آنها (Peden و همکاران، ۲۰۰۹) بوده که همچنین می‌توان به آن بهره‌وری آب دامی حاشیه‌ای[۱۱] نیز اطلاق نمود.

بر اساس اصول حسابداری آب، بهره‌وری آب دامی یک مفهوم سیستمی است که می‌توان آن را برای سیستم‌های تولید کشاورزی متنوع در مناطق مختلف نظیر منطقه آفریقایی «زیرصحرا»[۱۲] و برای مقیاس‌های مختلف از مقیاس خانوار تا حوضه‌آبریز رودخانه بکار برد (Molden و Sakthivadivel، ۱۹۹۹). برآورد مقادیر مختلف جریان‌های ورودی و خروجی (مصرف و تخلیه) یا ذخیره آن از ضروریات ارزیابی بیلان آب مرتبط با دام بوده که واحدهای اندازه‌گیری در این سیستم، کیلوگرم بر مترمکعب و یا دلار آمریکا بر مترمکعب می‌باشند.

در مجموع برای محاسبه و ارزیابی بهره‌وری آب دامی نیاز به برآورد تمامی کالاها و خدمات حاصل از حیوانات (نظیر گوشت، شیر، نیروی کار و غیره) می‌باشد. از آنجائیکه مقادیر این خروجی‌های سودمند از دام مستقیماً قابل مقایسه نیستند، آنها معمولاً به واحد پولی (دلاری) تبدیل شده تا بتوان ارزش کل محصولات حاصل از دام را محاسبه نمود.

## مقادیر ظاهری بهره‌وری آب دامی

هدف از ارائه مفهوم آب مجازی همبسته و متصل نمودن بهره‌وری آب خوراک دام و محصولات علوفه‌ای با ضریب تبدیل خوراک مصرف شده برای تولید محصولات دامی (گوشت یا شیر) است. به هرحال پیچیدگی‌ها و تنوع سیستم‌های تولید دام، ایجاد عدم قطعیت‌های زیادی در خصوص مقدار واقعی آب مصرفی توسط دام نموده است. در جدول (۱) برآوردهایی از محتوی آب مجازی تعدادی از محصولات و فرآورده‌های دامی ارائه شده است (Chapagain و Hoekstra ، ۲۰۰۳).

جدول ۱- محتوی آب مجازی نمونه‌ای از محصولات دامی شامل گوشت و شیر (ارائه شده به صورت بهره‌وری آب دامی)

| محصول دامی | محتوی آب مجازی (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|---|---|
| گوشت اسب | ۰/۰۸۲ |
| گوشت گوساله | ۰/۰۸۲ |
| گوشت گوسفند و بز | ۰/۱۱۸ |
| گوشت سفید (ماکیان) | ۰/۲۲-۰/۵۱ |
| شیر گاو | ۰/۷۸۸ |

لازم به ذکر است که مقادیر ارائه شده در جدول (۱)، صرفاً بیانگر وزن ماده تر محصول بوده و به اجزاء و عناصر تغذیه‌ای شیر و گوشت نپرداخته است. همچنین در جدول (۲) برآورد مقادیر آب مصرفی مورد نیاز برای تولید محصولات زراعی و دامی مختلف ارائه شده‌اند (Goodland و Pimental، ۲۰۰۰).

جدول ۲- برآورد مقادیر آب مصرفی مورد نیاز برای تولید محصولات زراعی و دامی مختلف

| محصول غذایی | آب مصرفی (بر اساس محتوی آب مجازی) (لیتر بر کیلوگرم) |
|---|---|
| سیب‌زمینی | ۵۰۰ |
| گندم | ۹۰۰ |
| یونجه | ۹۰۰ |
| سورگوم | ۱۱۱۰ |
| ذرت | ۱۴۰۰ |
| برنج | ۱۹۱۰ |
| سویا | ۲۰۰۰ |
| گوشت سفید | ۳۵۰۰ |
| گوشت قرمز (گوساله) | ۱۰۰۰۰۰ |

لازم به ذکر است که مقادیر اندازه‌گیری شده بهره‌وری آب (همچنین بهره‌وری آب دامی) وابسته به مقیاس هستند و مقدار آبی که در یک مقیاس به عنوان آب مصرف شده، تلقی می‌شود، نمی‌تواند به عنوان آب مصرف شده واقعی در مقیاس دیگری (با شرط آنکه برای سایر مصارف مورد استفاده قرار گیرد) شناخته شود.

به هرحال در ادامه نتایج اندازه‌گیری بهره‌وری آب دامی که توسط تعدادی از منابع موجود گزارش شده، به عنوان برآوردهای اولیه و خام از بهره‌وری آب دامی ارائه گردیده است.

Mekonnen و همکاران (۲۰۱۱) میزان بهره‌وری آب دامی در منطقه خشک و کم‌آب شمال اتیوپی را در مقیاس خانوار برآورد نمودند. آنها همچنین روش محاسبه و شیوهٔ تعیین مقدار متغیرهای مورد نظر برای محاسبه بهره‌وری آب دامی را به صورت تفصیلی بیان نموده‌اند. بر اساس این تحقیق مقدار بهره‌وری آب دامی بین ۰/۰۷ دلار آمریکا بر مترمکعب (برای کشاورزان با وضع مالی مناسب) تا ۰/۰۹ دلار بر مترمکعب (برای کشاورزان فقیر که از کود دامی آن استفاده اقتصادی کامل می‌بردند) تغییر می‌نمود. آنها در انتها نتیجه‌گیری کرده‌اند که در یک سیستم تولید ترکیبی از زراعت و دام، تولید دام منبع مهم درآمد و دارایی برای کشاورزان است. بنابراین در محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های بهره‌وری آب این‌گونه مناطق و سیستم‌ها، باید تجزیه و تحلیل‌های بهره‌وری آب دامی نیز وارد شود. همچنین در جدول (۳) مقادیر بهره‌وری آب دامی حداقل و حداکثر برای سیستم‌های زراعی مختلف در کشور اتیوپی ارائه شده است (Abebe، ۲۰۱۵).

تحقیق مذکور نتیجه‌گیری نموده است که میزان بهره‌وری آب دامی در منطقه حوضه‌آبریز رودخانه نیل آبی (بخشی که در کشور اتیوپی قرار دارد) پایین بوده و در مجموع بین ۰/۰۱ تا ۰/۶۳ دلار آمریکا بر مترمکعب آب مصرفی، تغییر می‌نماید (Abebe، ۲۰۱۵). بنابراین پتانسیل بالایی برای بهبود بهره‌وری آب دامی در سیستم‌های زراعی ترکیبی در این منطقه وجود دارد.

جدول ۳- مقادیر بهره‌وری آب دامی (حداقل و حداکثر) در سیستم‌های زراعی مختلف در کشور اتیوپی

| سیستم زراعی | بهره‌وری آب دامی(دلار آمریکا بر مترمکعب) | |
|---|---|---|
| | حداقل | حداکثر |
| برنج - حبوبات | ۰/۰۱ | ۰/۳۰ |
| تاف*- ارزن | ۰/۰۷ | ۰/۳۵ |
| جو – سیب‌زمینی | ۰/۰۰ | ۰/۶۳ |
| تاف-گندم | ۰/۰۱ | ۰/۴۳ |
| سورگوم | ۰/۰۲-۰/۰۳ | ۰/۳۷-۰/۳۸ |
| تاف- ارزن | ۰/۰۰ | ۰/۴۸ |
| متوسط تمامی سیستم‌های زراعی | ۰/۰۱ | ۰/۶۳ |

*نوعی گیاه از خانواده گرامینه و غلّات (مشابه ارزن و کینوا) که در مناطقی نظیر کشور اتیوپی برای دانه خوراکی آن کشت شده و از علوفه آن نیز استفاده می شود. نام علمی این گیاه: Eragrostis-Teff; Annual bunch grass است.

بررسی‌های بزرگ مقیاس بهره‌وری آب دامی در حوضه‌آبریز نیل حاکی از آن هستند که این شاخص تغییرات زیادی در مناطق مختلف دارد. بر اساس بررسی‌ها، مقدار این شاخص در زیرحوضه گومرا[۱۳] در کشور اتیوپی بسیار متغیر بوده و بین ۰/۳ تا ۰/۶ دلار آمریکا بر مترمکعب تغییر می‌نماید. این تفاوت بین گروه‌های سیستم‌های زراعی با تمکین مالی بهتر، بیشتر بوده و بین ۰/۱ تا ۰/۶ دلار بر مترمکعب تغییر می‌نمود. نتایج همچنین حاکی از آن بودند که بین بهره‌وری آب (بهره‌وری آب دامی و بهره‌وری آب محصولات زراعی) رابطه مثبتی با میزان دسترسی خانوار به منابع و به خصوص منابع آب وجود دارد (Haileslassie و همکاران، ۲۰۰۹).

## مسائل و چالش‌های برآورد واقعی بهره‌وری آب دامی و اتخاذ سیاست دامپروری یا زراعت

تغییرات و نوسانات زیاد در میزان آب مصرف شده برای تولید غذای دام، برای استفاده پایدار و کارا از این منبع و در محاسبه بهره‌وری آب دامی سردرگمی ایجاد نموده است. به عنوان نمونه در برآوردهای بهره‌وری آب ذکر شده در منابع علمی نظیر Peden و همکاران (۲۰۰۷)، برای گیاهان علوفه‌ای به عنوان غذای دام، مشاهده شده است که برای یک نوع گیاه معین حتی تا ۸۰ برابر تفاوت وجود دارد.

البته بیشتر این تغییرات ناشی از اختلافات در مفاهیم و روش‌های اندازه‌گیری بهره‌وری آب است. به عنوان نمونه در محاسبه آب مصرفی سورگوم علوفه‌ای و یونجه فاریاب، در یک منبع علمی نظیر Saeed و El-Nadi (۱۹۹۸)، آب مصرفی میزان تبخیرتعرّق[۱۴] طی دوره رشد مزرعه در نظر گرفته شده است، در حالیکه در منبع دیگری نظیر Sala و همکاران (۱۹۸۸)، آب مصرفی میزان بارش

سالانه (به منظور محاسبه راندمان کاربرد بارش) در یک مرتع در نظر گرفته شده و فرض شده که بارش و تبخیر حتی در فصل غیر رشد به عنوان ورودی برای تولید ماده گیاهی[15] عمل می‌نمایند. اراضی تولیدی (مرتع، چراگاه، دشت و ...) با گونه‌های گیاهی مختلف در آن و ساختارهای گیاهی متفاوت، چالش محاسبه بهره‌وری آب و در نتیجه بهره‌وری آب دامی را مشکل و پیچیده‌تر می‌نماید.

بنابراین برآورد جزء آب مصرفی گیاهان مورد استفاده برای خوراک دام در تعیین شاخص بهره‌وری آب دامی، نیازمند استانداردسازی دقیق در خصوص مفاهیم کاربردی و اندازه‌گیری‌ها، مقدار آب مصرفی و تولید محصولات است.

بهره‌وری آب دامی تابعی از بهره‌وری آب گیاهان علوفه‌ای، ضریب تبدیل و کارایی خوراک دام، ارزش چندگانه محصولات و خدمات دامی، ارزش استفاده‌های رقابتی از آب و اثرات استفاده مستقیم دام از آب (نوشیدن آب) و چرای آن بر منابع آب، می‌باشد. همچنین ضریب تبدیل خوراک دام به محصول دامی، تابعی از جنس و نژاد دام، سلامت دام، دسترسی به آب آشامیدنی، درجه حرارت محیط و دام، میزان بار کاری به دام و سلامت خوراک دام است.

با توجه به مقادیر ارائه شده در جدول (۱) می‌توان دریافت که تولید محصولات دامی به آب بیشتری در مقایسه با تولید محصولات زراعی نیاز دارد. باید به این نکته توجه داشت که مقادیر برآورد شده برای بهره‌وری آب دامی و آب مجازی محصولات دامی، معمولاً پایه و اساس محکمی نداشته و در خصوص پایین‌بودن بهره‌وری آب دامی (بالا بودن محتوی آب مجازی آن) که در منابع مختلف گزارش شده‌اند، مقداری اغراق شده است.

برآوردهای فعلی آب مصرفی برای تولید محصولات دامی محدودیت‌ها و مشکلاتی دارد که موارد مهم آن به شرح زیر هستند:

۱- سیستم‌های تولید دام از جنبه‌های بیوفیزیکال و اقتصادی-اجتماعی خیلی متنوع هستند و همچنین در معرض بسیاری از عوامل مطالعه نشده قرار دارند. این عوامل در مجموع موجب می‌شوند که برآوردهای بهره‌وری آب دامی خیلی از دقت مناسبی برخوردار نباشند. این معضل در کشورهای در حال توسعه حادتر بوده و لذا در برنامه‌ریزی برای اعمال راهکارهای لازم که موجب دستاوردهای زیاد در بهبود بهره‌وری آب دامی در این گونه کشورها خواهد گردید، ایجاد مشکل می‌نماید.

۲- بهره‌وری آب گیاهان علوفه‌ای گزارش شده در منابع علمی مختلف، تغییرات زیادی داشته و حتی تا چندین برابر تغییر می‌نماید که در نتیجه باعث ایجاد تغییرات مرتبط در برآوردهای بهره‌وری آب دامی گزارش شده، می‌گردد.

۳- در مراتع، به خصوص مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌وری آب محصولات علوفه‌ای، پایین است. اما گزینه‌های دیگری برای استفاده مؤثر از آب کشاورزی وجود نداشته و لذا دامداری یکی از گزینه‌های مناسب برای استفاده از آب کشاورزی می‌باشد.

علاوه بر این، فقط بخش کوچکی از آب تبخیرتعرّق شده توسط گیاهان مرتعی، عملاً توسط دام‌ها در چرا استفاده می‌شود؛ زیرا تقریباً نیمی از ماده گیاهی تولید شده توسط گیاهان مرتعی در زیر سطح زمین قرار گرفته که دام نمی‌تواند از آنها استفاده کند. لذا در مراتع با مدیریت صحیح فقط نیمی از ماده گیاهی تولید شده توسط گیاهان مرتعی، مورد استفاده دام قرار می‌گیرد. از این مقدار ماده گیاهیِ چرا شده، فقط نیمی از آن هضم شده و مابقی مجدداً توسط فضولات دامی به خاک بازگردانده می‌شود. بنابراین از لحاظ هیدرولوژی فقط یک هشتم آب تبخیرتعرّق شده توسط گیاهان مرتعی در تولیدات دامی مشارکت دارد و مابقی به حفظ مراتع و ارائه خدمات محیط‌زیستی به آنها مشارکت می‌نماید. در کشاورزی فاریاب و سیستم‌های ترکیبی زراعت- دامپروری، بقایای گیاهی و محصولات جانبی کشاورزی بهره‌وری آب بالایی دارند. زیرا در این سیستم‌ها عملاً آبی مستقیماً برای تولید آنها صرف نشده و همچنین کود دامی ارزش اقتصادی بیشتری را نیز تأمین می‌نماید.

۴- در کشورهای در حال توسعه، اغلب گلّه‌های بزرگ دام با بهره‌وری پایین وجود دارد، لذا بیشتر آب تخلیه شده توسط حیوانات، مرتبط با نگهداری از دام (زندگی روزانه) است تا آبی که برای تولید محصولات و خدمات دامی استفاده شده باشد.

۵- منابع علمی که به بحث آب مصرفی توسط دام می‌پردازند، غالباً به تولید گوشت و یا شیر تمرکز نموده و از نقش استفاده‌های چندگانه از دام غافل می‌شوند (Cook و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین آنها معمولاً بهره‌وری آب دامی را (به خصوص در کشورهای در حال توسعه) کمتر از ارزش واقعی آن برآورد می‌نمایند. به عنوان نمونه، بدون استفاده از نیروی دام تولید محصولات زراعی در بعضی از کشورها (به خصوص کشورهای آفریقایی) با محدودیت و نقصان زیادی مواجه خواهد شد.

۶- همچنین منابع علمی که به توصیف و تشریح آب مصرفی توسط دام می پردازند، اغلب تأثیرات نامطلوب چرای دام و نوشیدن آب توسط دام بر آلودگی منابع آب، زوال و از دسترس خارج شدن آب از اتمسفر را چشم پوشی می‌نمایند. لذا از این جنبه این بار ممکن است بهره‌وری آب دامی بیش از حد معمول برآورد شود.

منابع علمی (نظیر Postel، ۲۰۰۱؛ Goodland و Pimental، ۲۰۰۰) معمولاً به دلیل نیاز بالای تولیدات دامی به آب از تولید این نوع محصولات در بخش کشاورزی انتقاد می‌کنند. براساس جدول (۲) برای تولید گوشت به آب مصرفی تا ۲۰۰ برابر تولید محصول سیب‌زمینی، نیاز است. معمولاً در این خلاصه‌سازی و ارقام ارائه شده در منابع، خیلی از جزئیات آورده نشده و یا فراموش شده است؛ مثلاً مواد غذایی ارائه شده دارای محتوی آب متغیری هستند. این ارقام ارزش بازار (قیمت فروش) این محصولات را در نظر نمی‌گیرند. مقادیر آب مصرفی ارائه شده به طور واضحی بیان نمی‌نمایند که چه مقدار و چگونه این آب مصرفی، می‌تواند برای سایر مقاصد مجدد استفاده شود.

برآورد واقعی بهره‌وری آب دامی، اتخاذ سیاست تولید دام و کاربرد

راهکارهای پیشنهادی بستگی زیادی به مقیاس ارزیابی‌ها دارند. در مقیاس خود یک حیوان (دام) آب از دست رفته از طریق تبخیر و تنفس دام، نمی‌تواند استفاده شده و یا در محل دیگری مجدداً مورد استفاده قرار گیرد. این مقدار آب در واقع آب مصرف شده غیر قابل بازگشت است. تلفات به شکل ادرار یا شیر دام برای دام استفاده‌ای نداشته ولی می‌تواند مورد استفاده سایر مصرف‌کنندگان قرار گیرد. برای آبی که تنزل کیفیت یافته، بخشی از آن عملاً آب غیر قابل بازگشت است؛ زیرا ارزش استفاده از آن پایین آمده است. لذا برآورد بهره‌وری آب دامی ممکن است تا حدی گمراه‌کننده باشد. به عنوان نمونهGoodland و Pimental (۲۰۰۰) گزارش نموده‌اند که برای تولید یک کیلوگرم گوشت قرمز به ۱۰۰/۰۰۰ لیتر آب نیاز است. در مقابل اگر فرض کنیم که یک راس دام (گوساله) طی یک دوره ۲ ساله، ۲۵ لیتر در روز آب مصرف می‌نماید تا وزنی معادل ۱۲۵ کیلوگرم را تولید نماید (تقریباً معادل یک TLU[۱۶])، این مقدار، حاکی از آن است که دام طی دو سال دوره مورد نظر، بیش از ۱۸۲۵۰ لیتر آب خواهد نوشید. اگر فرض کنیم که تمام خوراک دام از بقایای گیاهی، که برای تولید آن هیچ‌گونه آب کشاورزی جدید مصرف نمی‌شود، تأمین شود در آن صورت بهره‌وری آب دامی (بر حسب آب مجازی دام) تولید شده در حدود ۱۸۲۵۰ لیتر در ۱۲۵ کیلوگرم و یا ۱۴۶ لیتر بر کیلوگرم محاسبه می‌گردد. این مقدار بهره‌وری تقریباً از بهره‌وری آب (در واقع آب مجازی) تولید سیب‌زمینی (ارائه شده در جدول ۲) نیز بهتر و بالاتر است. علاوه بر آن بیشتر آب مصرفی توسط دام به صورت ادرار وارد خاک شده که به تغذیه خاک و افزایش رطوبت آن کمک نموده است.

با توجه به مثال فوق می‌توان دریافت که تولیدات دامی می‌توانند به عنوان یک روش مؤثر و یا بر عکس ناکارآمد، در تولید غذا برای مردم، بسته به انتخاب مقیاس و سیستمی که دام در آن تولید می‌شود، تلّقی شوند. بهره‌وری آب دارای دو کارکرد است: اول نقش آن به عنوان یک متغیر محاسبه و حسابداری آب (مثلاً به عنوان شاخصی برای بهبود تخصیص آب بین مصرف‌کنندگان مختلف) و دوم به عنوان یک شاخص شناسایی عملکرد و کارایی سیستم‌های کشاورزی. در حالت دوم این شاخص می‌تواند برای ارزیابی نقش آب در پشتیبانی معیشت جوامع در سیستم‌های مصرف تلفیقی نیز به کار رود (Cook و همکاران، ۲۰۰۹).

با نگاهی به روش‌های ساده محاسبهٔ شاخص بهره‌وری آب از نقطه نظر انتخاب نهاده‌های قابل اندازه‌گیری (آب) و تولید، در می‌یابیم که این روش‌ها بخشی بوده و تمام منافع و هزینه‌های سیستم‌های پیچیده مصرف آب را در نظر نمی‌گیرند.

سیستم‌های تولید دام از سیستم‌های تولید محصولات زراعی به سه روش و دلیل عمده، متفاوتند. اولین وجه تفاوت آن است که حیوانات به واسطهٔ عمل چرا، منابع غذایی منطقه وسیعی را مصرف می‌نمایند که ممکن است منافع غذایی برای مردم منطقه در بر نداشته باشد. دوم، دام‌ها می‌توانند بر پایداری شوک‌های حاصله از خشکسالی‌ها و یا سیلاب‌ها نسبت به کشت گیاهان زراعی آسیب‌پذیرتر باشند و لذا بر افزایش ریسک حفاظت از خطرات طبیعی بیفزایند؛ و سوم اینکه دام می‌تواند دامنه وسیعی از محصولات و خدمات را ارائه نموده که بعضی از آنها ارزش تغذیه‌ای بالایی دارند و یا می‌توانند به عنوان بانک (یا ذخیره) احتیاجات اضطراری خانوار عمل نمایند. چهارمین بعد از نظر منافع حاصل از دام مرتبط با جریان مداوم درآمد خانوار (به عنوان نمونه در مورد فروش شیر)، در مقابل درآمد حاصل از محصول زراعی می‌باشد که فقط در زمان معین برداشت و فروش محصول قابل احصاء است. بنابراین نادیده گرفتن این حالات تبدیل آب به محصولات با ارزش و معیشت جوامع در سیستم‌های تلفیقی چندگانه[۱۷]، منجر به آن خواهد شد که نقش آب کمتر از حد واقعی آن، برآورد شود.

نکته مهم دیگری که در ارزیابی نقش و مشارکت سیستم‌های دامی باید در نظر گرفته شود، بهره‌وری آب نسبی یا حاشیه‌ای[۱۸] مصرف‌کنندگان مختلف می‌باشد (Molden و همکاران،۲۰۰۷). قدر مطلق بهره‌وری آب مرتبط با دام (به کیلوگرم یا دلار بر مترمکعب) به خصوص در سیستم‌های مراتع، اغلب پایین است. لذا به نظر می‌رسد اگر آب به شکل دیگری استفاده و بهره‌برداری شود، بهره‌وری کل[۱۹] بهبود خواهد یافت. به هرحال اگر نتوان از آب به شکل دیگری استفاده نمود، هزینه حاشیه‌ای[۲۰] استفاده از این آب در سیستم‌های دامی به طور مؤثری ناچیز خواهد بود. در این حالت، تولید دام بیانگر بهترین استفاده از آب خواهد بود تا زمانی که گزینه دیگری برای استفاده مؤثرتر از آب ایجاد نشود (Cook و همکاران، ۲۰۰۹).

از آنجائیکه محصولات دامی ارزش اقتصادی بیشتری نسبت به سایر گیاهان زراعی مورد استفادهٔ غذای انسان دارند، احتمالاً تولیدات دامی در آینده از نظر اینکه راهبرد مؤثری برای رفع فقر -در شرایطی که بازار آن وجود داشته باشد- تلقی خواهند شد، ارزش راهبردی بیشتری خواهند یافت.

به دنبال بحث و تحلیل اینکه بهره‌وری آب محصولات دامی که از مصرف بقایای گیاهی توسط دام حاصل شده باشند با بهره‌وری آب محصولات زراعی رایج، قابل رقابت است، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که از نقطه نظر بهره‌وری آب دامی، تولید دام و دامپروری می‌تواند سهم مهمی در رفع فقر جوامع، به خصوص جوامع روستایی، داشته باشد.

دام یک دارایی با ارزش برای جوامع روستایی و فقیر است و خرید و فروش محصولات دامی یکی از راه‌های مؤثر و عملی رفع فقر در جوامع محلی است. فرصت‌های زیادی برای افزایش بهره‌وری آب دامی در مقیاس‌های مختلف یعنی از خانوار تا سطح حوضه‌آبریز رودخانه‌ها وجود دارد. با این حال مشاهده می‌گردد که تحقیقات جامع و یکپارچه کمی در خصوص این موضوع انجام شده و یا این بحث (بهبود بهره‌وری آب دام) در سیاست‌ها و فناوری‌های مورد استفاده به منظور بهبود معیشت جوامع فقیر لحاظ شده است (Peden و همکاران، ۲۰۰۳).

دامپروری به هر دو شکل مثبت و منفی با مدیریت منابع آب و منابع طبیعی تراکنش دارد. بنابراین تحقیقات کافی برای شناخت نقش دام در مدیریت بهم پیوسته منابع آب مورد نیاز است.

مطالعات مختلف (نظیر ILRI، ۲۰۰۶) حاکی از آن است که تولید دام دارای پتانسیل زیادی برای استفاده مؤثر و سودمند از آب در بخش کشاورزی می‌باشد. تولید دام به ویژه از نوع تغذیه با غلات[۲۱] و یا صرفاً مبتنی بر علوفه[۲۲] یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان آب کشاورزی است. اگر در این بخش اصلاحات لازم انجام پذیرد، این زیر بخش (یعنی تولید دام) نقش کلیدی در بهبود بهره‌وری آب در بخش کشاورزی خواهد داشت. بعضی از اندیشمندان علوم دام بر این عقیده‌اند که با اصلاح منابع تغذیه دام، افزایش بهره‌وری دام و بهبود شرایط چرا و نوشیدن آب توسط دام، بهره‌وری آب دامی و به دنبال آن بهره‌وری آب در بخش کشاورزی به میزان زیادی افزایش خواهد یافت. این امر یعنی افزایش بهره‌وری آب دامی تا حتی چهار برابر به راحتی امکان پذیر است (Trevor Wilson، ۲۰۰۷). عوامل مؤثر بر بهره‌وری دام (افزایش وزن دام)، نظیر اندازه و ترکیب دام، سلامت، تغذیه، تولید مثل و عملیات دادن خوراک و آب، در علوم دامی به خوبی شناخته شده است، ولی به ندرت ارتباط این موضوع و عوامل با مصرف آب و توسعه منابع آب در نظر گرفته و یا بررسی شده است (Trevor Wilson، ۲۰۰۷).

در مجموع دانش موجود در خصوص بهره‌وری آب دامی هنوز نابالغ و در مراحل اولیه بوده و لذا تلاش‌های چند بخشی و فرا بخشی جهانی نیاز است تا این شاخص را در سطح جهان به صورت کامل و معنی‌دار مورد ارزیابی و بررسی قرار دهد. البته باید این نکته را نیز در نظر داشت که در بحث بهره‌وری آب دامی هدف افزایش تعداد دام و یا افزایش میزان تولیدات دامی نیست. بلکه هدف اصلی ایجاد فرصت‌های لازم با همان منافع و با تعداد دام کمتر و تقاضای کمتر برای آب در کشاورزی می‌باشد (Peden و همکاران، ۲۰۰۷).

## راهکارهای ارتقای شاخص بهره‌وری آب دامی

کل مقدار آب تبخیرتعرّق شده در کشورهای در حال توسعه به منظور تولید خوراک دام، شامل گوساله (پرورش داده شده در دامداری)، گوسفند و بز در حدود ۵۳۶ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد. برآورد می‌گردد به این مقدار مصرف آب با احتساب آب مورد نیاز برای سایر انواع دام و آب مورد نیاز برای سایر مصارف، علاوه بر نگهداری و پرورش دام در سایر مناطق جهان عملاً ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیارد مترمکعب در سال نیز اضافه شود (Peden و همکاران، ۲۰۰۷).

با توجه به آنکه بهره‌وری آب دامی متأثر و در واقع زیر مجموعه‌ای از بهره‌وری آب در کشاورزی است، بنابراین به عنوان یک قاعده کلّی می‌توان اظهار نمود که فعالیت‌های مدیریت کشاورزی که موجبات تعرّق مؤثر و یا بهبود نفوذ آب در خاک را فراهم می‌آورد، محتملاً باعث افزایش بهره‌وری آب دامی نیز خواهد شد. البته این نکته را باید متذکر شد که بهره‌وری آب دامی با کارایی مصرف آب[۲۳] آبی یا آب سبز (بارش) تفاوت دارد. ماهیت این تفاوت در آن است که بهره‌وری آب دامی به تخلیه و ناپدید شدن آب توجه دارد، در حالی که کارایی مصرف آب معمولاً آب کاربردی[۲۴] یا جریان یافته در مزرعه را مورد توجه قرار می‌دهد.

سه راهبرد اصلی زیر مستقیماً موجب افزایش بهره‌وری آب دامی می‌شوند (Peden و همکاران، ۲۰۰۷): ۱- بهبود منبع و منشأ خوراک دام ۲-افزایش بهره‌وری حیوان (دام) ۳-حفظ آب.

تأمین آب آشامیدنی با کیفیت مناسب همچنین به بهبود بهره‌وری آب دامی کمک می‌نماید. میزان آب آشامیده شده توسط دام مستقیماً وارد معادله بهره‌وری آب دامی نمی‌شود، زیرا آب آشامیده شده در خود دام و در نتیجه در داخل سیستم تولید باقی می‌ماند (اگرچه ممکن است مقداری از آن تبخیر و یا از دام تخلیه شود).

لازم به ذکر است که صرفاً تمرکز بر یکی از راهبردهای تشریح شدهٔ فوق، ممکن است کاملاً مؤثر نباشد. لذا یک راهکار مرتبط با منطقه که تعادلی بین تمامی چهار راهبرد فوق را ایجاد نماید، می‌تواند به استفاده مؤثر از آب کشاورزی برای تولیدات دامی و سایر خدمات دام کمک نماید.

دانش مبتنی بر علم آب مصرفی برای تولید علوفه متفاوت و تا حدی متضاد است. در خصوص تأمین خوراک و علوفه دام بر سه مسئله اصلی و مهم زیر باید تمرکز نمود (Peden و همکاران، ۲۰۰۷): ۱-بهره‌وری آب محصولات علوفه‌ای و خوراک دام[۲۵] ۲- نسبت تبدیل خوراک دامی به محصولات و خدمات دامی و ۳- توزیع منابع خوراک دام.

منابع علمی موجود حاکی از آن هستند که مقدار آب تبخیرتعرّق شده برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک خوراک دام بسیار متغیر بوده و از ۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب تا حدود ۸ کیلوگرم بر مترمکعب تغییر می‌نماید (جدول ۴).

عوامل زیادی بر مقدار آب تخلیه شده از طریق تبخیرتعرّق اثر گذارند از آن جمله: شاخص سطح برگ گیاه[۲۶]، تمایل حیوان به انتخاب گیاهان علوفه‌ای خاص، عمق ریشهٔ گیاه، بارش، ژنتیک و گونه گیاه، ساختمان خاک، رطوبت، و شیمی خاک (Peden و همکاران، ۲۰۰۷). Sala و همکاران (۱۹۸۸) پس از بررسی ۹۵۰۰ سایت در منطقه مرکزی ایالات متحده دریافتند که بهره‌وری آب علف‌زارهای منطقه که بارشی حدود ۱۲۰۰-۲۰۰ میلی‌متر را دارند، مشابه بوده و تقریباً برابر ۰/۵ کیلوگرم اندام هوایی در مترمکعب آب تبخیرتعرّق شده، می‌باشد. در جدول (۴) بهره‌وری آب (بر مبنای وزن خشک) تعدادی از گیاهان علوفه‌ای و پوشش‌های مراتع که از منابع علمی مختلف گزارش گردیده‌اند به عنوان یک مبنای اولیه ارائه شده است(Peden و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۴- بهره‌وری آب (بر مبنای وزن خشک) تعدادی از گیاهان علوفه‌ای و پوششی مراتع

| گیاهان علوفه‌ای و خوراک دام | بهره‌وری آب بر مبنای وزن خشک اندام هوایی (کیلوگرم بر مترمکعب) | گیاهان علوفه‌ای و خوراک دام | بهره‌وری آب بر مبنای وزن خشک اندام هوایی (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|---|---|---|---|
| سورگوم علوفه‌ای آبی (سودان) | ۶-۸ | یونجه (کالیفرنیا-آمریکا) | ۱/۱۱ |
| انواع محصولات و مراتع (اتیوپی) | ۴ | مرتع آبی* (کالیفرنیا-آمریکا) | ۰/۷۲ |
| پنیستوم‌پرپریوم** (با تبخیرتعرّق برابر ۱۲۰۰ میلی‌متر) | ۴/۳۳ | مرتع (کالیفرنیا-آمریکا) | ۰/۷۲ |
| پنیستوم‌پرپریوم (با تبخیرتعرّق برابر ۹۰۰ میلی‌متر) | ۴/۲۷ | علفزار (با ۱۲۰۰ میلی‌متر بارش) | ۰/۵۷ |
| پنیستوم‌پرپریوم (با تبخیرتعرّق برابر ۶۰۰ میلی‌متر) | ۴/۱۵ | علفزار با ( ۹۰۰ میلی‌متر بارش) | ۰/۵۶ |
| یونجه آبی (سودان) | ۱/۳-۱/۷ | علفزار (با ۶۰۰ میلی‌متر بارش) | ۰/۵۴ |
| یونجه آبی (منطقه Wyoming آمریکا) | ۱/۲۲-۱/۴۷ | علفزار ( با ۳۰۰ میلی‌متر بارش) | ۰/۴۹ |

* منظور مراتعی هستند که بشر در آنها اعمال مدیریت می‌کند (Pastures) و با مراتع طبیعی که بشر در آنها دخالتی ندارد (Rangelands) تفاوت دارند.
** گیاه مرتعی از جنس گندمیان (نام علمی این گیاه Pennisetum Purpureum است).

Keller و Seckler (۲۰۰۵) گزارش نموده‌اند که کارایی تعرّق (ماده خشک تولید شده به ازای مقدار آب تعرّق شده) برای گونه‌های گیاهی خاص، نسبتاً ثابت است و تغییرات در کارایی مصرف آب گیاهان به تغییرات مولفه تبخیر در تبخیرتعرّق کل که آن هم وابسته به منطقه و فصل زراعی است، بستگی دارد.

البته فرصت‌هایی برای انتخاب ارقام و گونه‌هایی با کارایی مصرف آب بالاتر از گیاهان علوفه‌ای وجود دارد (Claypool و همکاران، ۱۹۹۷). گیاهان از نوع کربن۴ (C۴) ممکن است کارایی مصرف آب بالاتری از گیاهان از گونه‌های کربن۳ (C۳) داشته باشند. در مجموع کاهش مولفه تبخیر از تبخیرتعرّق مهمترین و کاربردی‌ترین راه حل برای افزایش بهره‌وری آب محصولات مورد استفاده در خوراک دام و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب دامی می‌باشد.

بقایای گیاهی و محصولات جانبی حاصل از فرآیندهای غذایی فرصت‌های خوبی برای تأمین منابع خوراک دام می‌باشند. یعنی در این حالت به تبخیرتعرّق اضافی (مصرف آب بیشتر برای تولید خوراک دام) نیاز نمی‌باشد. به هر میزان که صنعت تهیه خوراک دام بتواند از مزایای این منابع تأمین خوراک دام (به خصوص محصولات جانبی) استفاده نماید، بهبود زیادی در بهره‌وری آب دامی نیز متعاقباً اتفاق خواهد افتاد. به عنوان نمونه بهره‌وری آب دامی گروهی از کشاورزان کشور اتیوپی با سهم استفاده از بقایای گیاهی در رژیم غذایی دام ارتباط مستقیم دارد. استفاده از بقایای گیاهی به عنوان خوراک دام، می‌تواند درآمد زارعین را به میزان زیادی بالا برده، بدون آنکه آب اضافی مصرف شده باشد (Peden و همکاران، ۲۰۰۷).

از نظر تئوری اگر تولید دام صرفاً بر مبنای استفاده از بقایای گیاه و محصولات جانبی قرار می‌گرفت، تقریباً سهم مصرف آب کشاورزی برای تولید دام صفر بود. ولی این مقدار از بهره‌وری از نظر اقتصادی و محیط‌زیستی تا حدی مطلوب نمی‌باشد. زیرا بقایای گیاهی به اندازه کافی باید در روی سطح خاک باقی مانده و یا حتی به اندازه کافی کودهای دامی و سبز به خاک اضافه شوند تا بهره‌وری و حاصلخیزی خاک حفظ شود.

با توجه به دامنه بهره‌وری آب محصولات علوفه‌ای ذکر شده در جدول (۴)، عدم قطعیت‌ها در میزان جذب غذا توسط دام و تغییرات میزان هضم خوراک دام، هرگونه برآورد میزان مصرف آب کشاورزی برای تولید دام را با عدم قطعیت زیادی مواجه می‌سازد. با این وجود می‌توان نتیجه‌گیری نمود که آب تعرّق شده به منظور تولید خوراک دام (علوفه) در حدود ۵۰ درصد یا بیشتر از مقدار آب آشامیدنی جذب شده توسط دام است. بنابراین افزایش بهره‌وری آب دامی به میزان زیادی بستگی به افزایش میزان خوراکی دارد که برای تولید[۲۷] و نگهداری[۲۸] دام، استفاده می‌شود.

صرف‌نظر از اینکه دام چه مقدار افزایش وزن داشته، تولید شیر نموده و یا به عنوان نیروی کار در نظر گرفته شود، آب تعرّق شده برای تولید خوراک مورد استفاده برای نگهداری دام، مقدار ورودی ثابتی برای دامپروری می‌باشد. لذا هرگونه راهبرد کلیدی برای ارتقای بهره‌وری آب دامی، نیازمند افزایش بهره‌وری تولید هر راس دام است. این نظریه و محدوده کاری غالب در دیسیپلین علوم دامی پایه شامل تغذیه دام، ژنتیک دام، دامپزشکی و سلامت، بازار و تولید مثل دام است (Peden و همکاران، ۲۰۰۷).

یکی دیگر از راهکارهای افزایش بهره‌وری آب دامی، تأمین آب آشامیدنی کافی، به موقع و با کیفیت مناسب برای دام است. بیش از ۸۰ درصد وزن دام را آب تشکیل می‌دهد. تشنگی و کم‌آبی در

دام، بیش از هر نوع کمبود مواد غذایی، سریعاً منجر به کاهش جذب مواد غذایی، کاهش تولید، کاهش تولید مثل، سلامت ناکافی و سرانجام مرگ و میر دام می‌شود.

مصرف آب برای سلامت و تولید دام ضروری است. نیاز آبی دام بسته به نوع و گونه دام، صفات ژنتیکی دام، سن دام، میزان رشد، باروری، شکل تولید و خروجی حاصل از دام، فعالیّت دام، نوع خوراک دام و آب و هوایی که دام در آن رشد می‌کند، متفاوت است. نیاز آبی و میزان جذب آب و غذا، به میزان زیادی مرتبط با عوامل اقلیمی، به خصوص درجه حرارت محیط است (FAO، ۲۰۱۸-b).

شاخص آب مصرفی دام بین ۵ لیتر بر TLU(معادل ۲۵۰ کیلوگرم وزن دام زنده) در یک منطقه سرد و مرطوب تا حدود ۵۰ لیتر بر TLU در شرایط گرم و خشک تغییر می‌کند (جدول ۵). اگرچه برای تأمین آب آشامیدنی دام تلاش زیادی در مناطق پرورش دام انجام می‌گردد، ولی آب واقعی مورد نیاز برای تولید خوراک روزانه دام (تولید علوفه و غیره) خیلی زیاد و حدوداً ۱۰۰ برابر آب آشامیدنی روزانهٔ دام است. دام معمولاً به خوراک روزانه‌ای (بر اساس وزن خشک) معادل ۳ برابر وزن خود نیاز دارد؛ این در حالی است که بین ۰/۵ تا ۱ مترمکعب (۱۰۰۰ لیتر) آب کشاورزی، برای تولید یک کیلوگرم علوفه خشک نیاز است. یک واحد TLU دام سبک، نظیر گوسفند و بز نیاز به بیش از ۵۰۰۰ لیتر بر روز آب دارد تا نیاز غذایی روزانه آن تأمین شود. در حالی که دام‌های سنگین نظیر گاو و شتر حداقل به نصف این مقدار آب نیاز دارند (جدول ۵) (Peden و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۵- مقادیر شاخص نیاز آبی شرب و تولید خوراک دام برای حفظ تولید دام

| گونه دام | وزن زنده دام | واحد وزن زنده دام | خوراک روزانه دام (وزن خشک) | | آب مورد نیاز برای تولید خوراک روزانه دام[۲] | | آب آشامیده شده توسط دام (بسته به فصل و متوسط درجه حرارت[۳]) لیتر/ TLU | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (کیلوگرم) | (راس/ TLU[۱]) | کیلوگرم | کیلوگرم بر TLU | لیتر | لیتر/ TLU | مرطوب (۲۷°C) | خشک (۱۵- ۲۱°C) | خشک-گرم (۲۷°C) |
| شتر | ۴۱۰ | ۱/۶ | ۹ | ۵/۶ | ۴۵۰۰ | ۲۸۱۳ | ۹/۴ | ۲۱/۹ | ۳۱/۳ |
| گوساله | ۱۸۰ | ۰/۷ | ۵ | ۷/۱ | ۲۵۰۰ | ۳۵۷۱ | ۱۴/۳ | ۲۷/۱ | ۳۸/۶ |
| گوسفند | ۲۵ | ۰/۱ | ۱ | ۱۰/۰ | ۵۰۰ | ۵۰۰۰ | ۲۰/۰ | ۴۰/۰ | ۵۰/۰ |
| بز | ۲۵ | ۰/۱ | ۱ | ۱۰/۰ | ۵۰۰ | ۵۰۰۰ | ۲۰/۰ | ۴۰/۰ | ۵۰/۰ |
| الاغ | ۱۰۵ | ۰/۴ | ۳ | ۷/۵ | ۱۵۰۰ | ۳۷۵۰ | ۵/۰ | ۲۷/۴ | ۴۰/۰ |

۱- یک TLU معادل ۲۵۰ کیلوگرم وزن دام زنده است. ۲- با فرض بهره‌وری آب ۲ کیلوگرم بر مترمکعب (Kijne و همکاران، ۲۰۰۲). ۳- (Pallas، ۱۹۸۶)

از نقطه نظر حسابداری آب برای تولید دام، باید در نظر داشت که بیش از ۹۰ درصد آب مورد استفاده برای تولید دام (گوشت‌های قرمز و سفید) برای تولید خوراک دام صرف می‌گردد (Legesse و همکاران، ۲۰۱۷؛ Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۲؛ FAO، ۲۰۱۸). بنابراین افزایش بهره‌وری آب گیاه (به طور عمده بهره‌وری آب محصولات علوفه‌ای) از طریق افزایش تعرّق گیاهی و کاهش تلفات تبخیر، نقش اساسی را در بهبود بهره‌وری آب دامی ایفا می‌نماید.

بدون انجام عمل تعرّق، گیاه نمی‌تواند رشد نموده و یا ماده غذایی تولید کند. از آنجائیکه جداسازی تبخیر (E) از تعرّق (T) در عمل کار مشکلی است، لذا این کار در تحقیقات مختلف انجام نشده و یا خیلی به ندرت انجام شده است (حیدری، ۱۳۹۸). لذا در بیشتر تحقیقات انجام شده، برآوردهای تعرّق و تبخیر به منظور برآورد مقدار آب مصرف شده (تخلیه شده) در کشاورزی را در یک شاخص یعنی تبخیرتعرّق خلاصه و تلفیق نمودند (Renault و Wallender، ۲۰۰۰).

از لحاظ تئوری تغییر و گذار از آب مصرف شده به شکل تبخیر و افزودن آن به آب تعرّق شده (Keller و Seckler، ۲۰۰۵) و همزمان با آن افزایش میزان تولیدات و خدمات دام، روش‌های کلیدی برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب دامی هستند. بنابراین نسبت تعرّق به تبخیر نسبت مهمی در این زمینه است. نسبت بالاتر در شرایط یکسان بیانگر بهره‌وری آب کشاورزی بالاتر بوده، زیرا تعرّق (T) سیب افزایش رشد و عملکرد گیاه شده در حالیکه کاهش تبخیر (E) بیانگر کاهش آب مصرفی غیرمثمر (تلفات آب) است. یکی از تبعات ضعف در جداسازی تعرق از تبخیرتعرق آن است که فرصت کلیدی برای افزایش بهره‌وری آب از دست رفته و تلفات غیرمثمر آب از طریق تبخیر (E) می‌تواند زیاد باشد (Peden و همکاران، ۲۰۰۹).

مطالعات موردی انجام شده (نظیر Peden و همکاران، ۲۰۰۹) نتیجه‌گیری می‌نماید که شرایط بهره‌وری آب دامی با بهره‌وری آب محصولات زراعی در آفریقا (به خصوص آفریقای زیرصحرا) قابل مقایسه بوده و با آن برابری می‌کند. به هرحال فرصت‌های زیادی نیز برای کاهش بیشتر آب مصرفی توسط دام در این قارّه وجود دارد. چهار راهبرد ۱- انتخاب خوراک دام از انواعی که به آب کمتری برای تولید آن نیاز است، ۲- حفاظت از منابع آب از طریق مدیریت بهتر دام و اراضی، ۳- کاربرد ابزارهای مناسب و شناخته شده از علوم دامی به منظور افزایش عملکرد دام (وزن دام) و ۴- فراهمی راهبردی از لحاظ توزیع زمانی و مکانی آب آشامیدنی مورد نیاز دام، از راهبردهای بهبود بهره‌وری آب دامی و در نتیجه بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در کشورهای در حال توسعه هستند (Peden و همکاران، ۲۰۰۹).

## نتیجه‌گیری

تأمین منابع آب لازم برای تولید غذا و امنیت غذایی جوامع به خصوص کشورهای در حال توسعه و دارای رشد سریع جمعیت، چالش اساسی می‌باشد. در این میان اتخاذ سیاست تأمین غذا متکی بر افزایش کشت محصولات زراعی (با بهره‌وری آب بالاتر) و کاهش تولید محصولات دامی با توجه به محتوی آب مجازی بالای آنها، بحثی است که نیاز به بررسی و مطالعه عمیق‌تری دارد.

در محافل علمی جهان هنوز در زمینه تمرکز بر تولید محصولات دامی، از جنبه‌های تأثیرات مخرّب آن در استفاده بیش از حد از منابع آب برای تولید محصولات علوفه‌ای، مناقشه وجود دارد. پیچیدگی و تنوع سیستم‌های تولید دام، عدم قطعیت‌های زیادی در خصوص مصرف واقعی آب توسط دام و در نهایت بهره‌وری آب دامی ایجاد نموده است.

افزایش مقدار شاخص بهره‌وری آب در کشاورزی کلید اصلی حل مسئله در بحث استفاده بهینه از منابع آب در تولید محصولات زراعی و باغی است. ولی برای حل موضوع استفادهٔ بهینه از آب و تصمیم در زمینهٔ سقف تولید محصولات دامی در مقابل محصولات کشاورزی و در مجموع سیاست‌گذاری‌ها و انتخاب سناریوهای لازم برای تولید تلفیقی این نوع محصولات (تولید توامان محصولات زراعی و دامی)، شناخت صحیح از مفهوم و مقدار واقعی بهره‌وری آب دامی نقش کلیدی ایفا می‌نماید. بهره‌وری آب دامی عبارت است از نسبت منافع خالص حاصل از محصولات و خدمات مرتبط با دام به میزان آب مصرفی در تولید محصولات دامی. این شاخص معمولاً به واحد پولی تولیدات حاصل از دام بر حجم آب مصرف شده، بیان می‌گردد.

مقادیر گزارش شده بهره‌وری آب دامی در جهان هنوز در مقایسه با محصولات زراعی مقادیر پایینی می‌باشد، ولی اگر سایر خدمات و منافع حاصل از دام نیز به حساب آورده شود، می‌تواند با بهره‌وری آب محصولات زراعی برابری نماید. این موضوع به خصوص خود را در بحث ارزش تغذیه و تأمین پروتئین لازم برای رشد انسان، بیشتر نمایان می‌سازد. یعنی تفاوت در بهره‌وری آب محصولات زراعی و دامی بر مبنای میزان پروتئین در ماده خشک محصولات خیلی کمتر از مقادیر بهره‌وری آب بر مبنای وزنِ تر محصولات مذکور می‌باشد. ولی این اصل کلی باید پذیرفته شود که تولید محصولات دامی به آب بیشتری در مقایسه با تولید محصولات زراعی نیاز دارد. البته این نکته را نیز نباید از نظر دور داشت که مقادیر برآورد شده برای بهره‌وری آب دامی و آب مجازی محصولات دامی، معمولاً پایه و اساس محکمی نداشته و در خصوص پایین‌بودن بهره‌وری آب دامی (بالا بودن محتوی آب مجازی آن) که در منابع مختلف گزارش شده‌اند، مقداری اغراق شده است.

اندازه‌گیری مقدار واقعی بهره‌وری آب دامی پیچیدگی‌های خاصی دارد و نیازمند استاندارد سازی دقیق در خصوص مفاهیم کاربردی و اندازه‌گیری‌ها، مقدار آب مصرفی و تولید محصولات است. منابع خطا و پیچیدگی‌های کار که باید در هنگام گزارش نمودن مقدار بهره‌وری آب دامی به آنها توجه و دقت لازم نمود عبارتند از: تغییرات و نوسانات زیاد در میزان آب مصرف شده برای تولید غذای دام، اختلافات در مفاهیم و روش‌های اندازه‌گیری بهره‌وری آب، منابع خطا در برآورد بهره‌وری آب گیاهان علوفه‌ای و اختلاف زیاد مقادیر گزارش شده؛مسائل ضریب تبدیل و کارایی خوراک دام، توجه لازم به ارزش چندگانه محصولات و خدمات دامی، توجه به ارزش استفاده‌های رقابتی از آب، اثرات استفاده مستقیم دام از آب، تنوع زیاد در سیستم‌های تولید دام از جنبه های بیوفیزیکال و اقتصادی-اجتماعی، توجه لازم به خدمات دام به مراتع (از جنبه‌های مشارکت تبخیرتعرّق گیاهان مرتعی در تولیدات دامی و خدمات محیط‌زیستی و مرتعی دام) و نقش استفاده‌های چندگانه از دام.

همچنین برآورد واقعی بهره‌وری آب دامی، اتخاذ سیاست تولید دام، و کاربرد راهکارهای پیشنهادی، بسیار وابسته به مقیاس ارزیابی‌ها هستند. لذا برآوردهای فعلی و پایین بهره‌وری آب دامی ممکن است تا حدی گمراه‌کننده باشند و باید درک درستی از بهره‌وری آب دامی به خصوص در مقیاس حوضه‌آبریز، به وجود آید.

بیش از ۹۰درصد آب مورد استفاده برای تولید دام (گوشت‌های قرمز و سفید) برای تولید خوراک دام صرف می‌گردد. در سیستم‌های تولید دام صرفاً متکی بر علوفه، افزایش بهره‌وری آب گیاهان علوفه‌ای (از طریق افزایش تعرّق گیاهی و کاهش تلفات تبخیر) نقش اساسی را در بهبود بهره‌وری آب دامی ایفا می‌نماید. همچنین انتخاب درست نوع و گونه گیاهی، یعنی گیاهانی که به آب کمتری نیاز داشته و در ضمن ارزش تغذیه‌ای بالایی دارند نیز در این زمینه اثرگذار است.

بقایای گیاهی و محصولات جانبی حاصل از فرآیندهای غذایی، فرصت‌های خوبی برای تأمین منابع خوراک دام و بهبود بهره‌وری آب دامی هستند. زیرا در این حالت تبخیرتعرّق اضافی (مصرف آب بیشتر برای تولید خوراک دام) انجام نشده و می‌تواند به تقویت منابع آب کمک نماید تا آنجا که از نظر تئوری اگر تولید دام صرفاً بر مبنای استفاده از بقایای گیاه و محصولات جانبی قرار می‌گرفت، تقریباً سهم مصرف آب کشاورزی برای تولید دام صفر بود.

توجه به افزایش بهره‌وری آب دامی در ایران هنوز جایگاه خود را نیافته است و با مرور عناوین پروژه‌های پژوهشی و مقالات علمی کشوری مرتبط در این زمینه، مشاهده می‌گردد که موضوع بهبود بهره‌وری آب دامی هنوز در تحقیقات منابع آب و یا تحقیقات علوم دامی کشور جاری‌سازی نشده و برخلاف تلاش‌های زیاد برای افزایش عملکرد تولید دام در این بخش، هنوز ارتباط تولید دام با آب مصرفی و به خصوص در سیستم‌های ترکیبی زراعت-دام ایجاد نشده است. لذا ضرورت دارد ضمن توجه به اهمیت بهبود بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی در تحقق امنیت غذایی کشور، بر توجه به بهینه‌سازی منابع آب مصرفی برای تولید دام و بهبود بهره‌وری آب دامی در کشور نیز تأکید شده و مطالعات و برنامه‌ریزی‌های لازم در این زمینه صورت پذیرد.

## توصیه‌های ترویجی

در سال‌های اخیر این تفکر که تولیدات دامی ظاهراً به دلیل بهره‌وری آب پایین (و یا در واقع محتوی آب مجازی بالا)، از نقطه نظر استفاده بهینه از منابع آب در شرایط کم‌آبی مطلوب نمی‌باشند به چالش کشیده شده و تردیدهایی در مورد آن وجود دارد. از آنجاییکه محصولات دامی ارزش اقتصادی بیشتری نسبت به سایر گیاهان زراعی مورد استفاده در غذای انسان (از نظر تولید پروتئین بیشتر) دارند، تولیدات دامی در آینده از جنبه رفع فقر جوامع، به خصوص جوامع روستایی، نقش و ارزش راهبردی بیشتری خواهند یافت.

تولید دام دارای پتانسیل زیادی برای استفاده مؤثر و سودمند از آب در بخش کشاورزی می‌باشد. اگر در این بخش فعالیت‌های لازم از نظر بهبود بهره‌وری آب محصولات غلات دانه‌ای و علوفه‌ای انجام پذیرد، این زیر بخش (یعنی تولید دام) نقش کلیدی در افزایش بیشتر بهبود بهره‌وری آب و افزایش بیشتر ارزش افزوده در بخش کشاورزی ایفا خواهد نمود. همچنین با اصلاح منابع تغذیه دام، افزایش بهره‌وری خود دام و بهبود شرایط چرا و نوشیدن آب توسط دام، امکان افزایش بهره‌وری آب دامی و به دنبال آن بهره‌وری آب در بخش کشاورزی به میزان زیادی (حتی تا چهار برابر) فراهم خواهد شد.

بهره‌وری آب تولیدات دامی با بهره‌وری آب بعضی از محصولات زراعی، به خصوص هنگامی که محصولات دامی با مصرف بقایای گیاهی و یا سایر فرآورده‌ها و محصولات جانبی کشاورزی که عملاً آبی مستقیماً برای تولید آنها صرف نشده، تولید شده باشند، برابری می‌نماید. این موضوع نقش مهم استفاده از زائدات و بقایای گیاهی برای خوراک دام و ضرورت افزایش تحقیقات و فعالیت‌های ترویجی مرتبط را برجسته می‌نماید.

تولیدات دامی نقش مهمی در امنیت غذایی و معیشت جوامع روستایی کشور دارند. در کشور به بهبود بهره‌وری آب محصولات زراعی توجه کافی شده است ولی توجه به موضوع بهبود بهره‌وری آب در زیربخش دام از مجموعهٔ بزرگ تولیدات کشاورزی، مغفول مانده است. لذا مطالعه و تحقیق بیشتر در خصوص بهره‌وری آب دامی، روش‌های اندازه‌گیری و برآورد واقعی این شاخص و راهکارهای بهبود آن باید در دستور کار تحقیقات و فعالیت‌های توسعه‌ای-اجرایی و ترویجی آیندهٔ کشور قرار گیرد.

## پی‌نوشت

1- Food and Agriculture Organization (FAO)

۲- شاید یکی از دلائل آن وقوع خشکسالی‌های شدید و کمبود تولید علوفه در مراتع کشور در این سال‌ها بوده باشد (مؤلف).

۳- یکی از دلائل رشد کم سرانهٔ مصرف گوشت قرمز طی سال‌های گذشته، می‌تواند افزایش زیاد قیمت این فرآوردهٔ دامی باشد (مؤلف).

4- Gross Domestic Product

5- Livestock Water Productivity (LWP)

6- Mainstreaming

7- Agricultural water productivity

۸- منظور نیروی کار دام است که به چیزی به صورت کشش وارد می‌شود. مثلاً کشیدن پمپ آب دستی، کشیدن دستگاه شخم و غیره. در بعضی کشورها به خصوص کشورهای توسعه نیافته (نظیر آفریقا) خود نیروی کششی دام علاوه بر گوشت و شیر اهمیت خاصی دارد.

9- Ox-day

10- Depleted

11- Marginal livestock water productivity

12- Sub-Saharan Africa

13- Gumra

14- Evapotranspiration (ET)

15- Biomass

16- One TLU = 250 Kg

17- Multiple use systems

18- Relative or marginal WP

19- Total WP

20- Marginal cost

21- Grainfed

22- Forage

23- Water use efficiency (WUE)

24- Applied water

25- Feed

26- Leaf area index (LAI)

27- Production

28- Maintenance

## منابع


جلالی، ح.ر.، میر ابراهیمی، س.ع. ۱۳۹۴. بررسی روند تولید و مصرف گوشت در ایران طی سال‌های ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۲. آمار، ۱۵: ۲۰-۲۵.

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

حیدری، ن. ۱۳۹۸. تشریح و بررسی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی مبتنی بر تبخیرتعرّق (مطالعه موردی حوزه آبخیز کرخه). مجله علمی-ترویجی مدیریت اراضی، ۷/۲(۲): ۲۱۱-۲۲۲.

عباسی، ف.، عباسی ن.، و توکلی ع.ر. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی: چالش‌ها و چشم اندازها (یادداشت تحلیلی). نشریه آب و توسعه پایدار، ۴(۱): ۱۴۱- ۱۴۴.

فضایلی، ح. ۱۳۹۴. برنامه راهبردی شیر. گزارش پژوهشی، موسسه تحقیقات علوم دامي کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزي، گزارش پژوهشی، موسسه تحقیقات علوم دامي کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزي، شماره فروست۴۷۹۴۹، مورخ ۱۴ مهر ۱۳۹۴.

قره‌داغی، ع.ا.، اسد زاده، ن.، بروفه، ک.، رضایی، م.، صادقی‌پناه، ا.، عبادی، ز.، غلامی، ح.، فضایلی، ح.، و ولایتی، ع. ۱۳۹۲. برنامه راهبردي افزایش کمّي وکیفي پایدار تولید گوشت قرمز. گزارش پژوهشی، موسسه تحقیقات علوم دامي کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزي، شماره فروست۴۳۶۸۰، مورخ ۲۶ مهر ۱۳۹۲.

Abebe A. 2015. Production and reproduction performances of livestock and their implications on livestock water productivity in Mixed crop-livestock systems in the highlands of Blue Nile basin: A case study from Fogera, Diga and Jeldu districts (Ethiopia). Journal of Resources Development and Management, Vol. 10.

Aamoum A. 2015. Water footprint of cow milk production: Case Study of a Finnish farm. Bachelor's thesis in Natural Resources Degree Programme in Sustainable Coastal Management, Raseborg, NOVIA University of Applied Science, Finland.

Beaton G .1991. Human nutrient requirement estimates: Derivation, interpretation and application in evolutionary perspective. Food, Nutrition and Agriculture, 1(2/3): 3–15.

Chapagain A. and Hoekstra A. 2003. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between Nations in Relation to International Trade of Livestock and Livestock Products. In A.Y. Hoekstra, ed., virtual water trade. In Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series 12. Delft, Netherlands: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Institute for Water Education.

Claypool D., Delaney R., Ditterline R. and Lockerman R. 1997. Genetic improvement of Alfalfa to conserve water. In Proc. of the 36th North American Alfalfa Improvement Conference, 2–6 August, Bozeman, Mont.

Cook S.E., Andersson M.S. and Fisher M.J. 2009. Assessing the importance of livestock water use in basins. The Rangeland Journal, 31: 195–205.

Drastig K., Prochnow A., Kraatz S., Klauss H., and Pl¨ochl M. 2010. Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany). Advances in Geoscience, 27: 65–70.

FAO. 2018a. Shaping the future of livestock: Sustainably, responsibly, efficiently. The 10th Global Forum for Food and Agriculture (GFFA). Berlin. 18–20 January 2018.

FAO. 2018b. Water use of livestock production systems and supply chains – Guidelines for assessment (Draft for public review). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Rome, Italy.

Goodland R. and Pimental D. 2000. Environmental Sustainability and Integrity in Natural Resources Systems. In D. Pimental, L. Westra and R. Noss, eds., Ecological Integrity. Washington, D.C.: Island Press.

Haileslassie A., Peden D., Gebreselassie S., Amede T., Wagnew A. and Taddesse G. 2009. Livestock water productivity in the Blue Nile Basin: Assessment of farm scale heterogeneity. Rangeland Journal, 31(2): 213-222.

Hoekstra A. and Hung P. 2003. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series 11. Delft, Netherlands: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Institute for Water Education.

ILRI. 2006. Livestock water an effective use of water in developing countries. International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya. http://www.ilri.cgiar.org/enews/view/default.htm.

Irfan Z.B and Mondal M. 2016. Water footprint analysis in dairy industry in India. International Journal of Environmental Science and Development, 7(8): 591-594.

Kamalizadeh A, Rajabbaigy M. and Kiasat A. 2008. Livestock production systems and trends in livestock industry in Iran. Journal of agriculture and social sciences, 4(4): 183-188.

Keller A. and Seckler D. 2005. Limits to the productivity of water in crop production. California Water Plan Update, (4): 178- 197.

Kijne J., Tuong T., Bennett J., Bouman B. and Oweis T. 2002. Ensuring food security via improvement in crop

Ethiopia. Nairobi (Kenya): ILRI: 57-65.

Peden D., Tadesse G. and Misra A.K. 2007. Water and livestock for human development. In: 'Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture'. (Ed. D. Molden):485–514. (Earthscan: London and International Water Management Institute: Colombo.

Peden D., Taddesse G. and Haileslassie A. 2009. Livestock water productivity: implications for sub-Saharan Africa. The Range land Journal, 31: 187–193.

Postel S. 2001. Growing more food with less water. Scientific American- SCI AMER, 284(2):46-51.

Rehman A., Jingdong L., Chandio A.A. and Hussain I. 2017. Livestock production and population census in Pakistan: Determining their relationship with agricultural GDP using econometric analysis. Information Processing in Agriculture,.4: 168–177.

Renault D. and Wallender W. 2000. Nutritional water productivity and Diets. Agricultural Water Management, 45 (3): 275–296.

Saeed I. and El-Nadi A. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. Irrigation Science, 18: 67–71.

Sala O., Parton W., Joyce A. and Lauenroth W. 1988. Primary production of the Central Grasslands of the United States. Ecology, 69 (1): 40–45.

Sigman M., Whaley S., Kamore M., Bwibo N. and Neumann C. 2005. Supplementation increases physical activity and selected behaviors in rural Kenyan schoolchildren. CRSP Research Brief 05-04-CNP. University of California, Global Livestock Collaborative Research Support Program, Davis, Calif.

SIWI (Stockholm International Water Institute), IFPRI (International Food Policy Research Institute), IUCN (World Conservation Union), and IWMI (International Water Management Institute) 2005. Let it Reign: The new water paradigm for global food security. Final report to CSD-13. Stockholm: Stockholm International Water Institute.

Trevor Wilson R. 2007. Perceptions, practices, principles and policies in provision of livestock water in Africa. Agricultural Water Management, 90: 1–12.

water productivity. Challenge Program on Water and Food: Background Paper 1. IWMI (International Water Management Institute), Colombo, Sri Lanka, 1–42.

Legesse G., Ominski K., Beauchemin K., Pfister S., Martel M., McGeough E., Hoekstra A., Kroebel R., Cordeiro M. and McAllister T.A. 2017. Quantifying water use in ruminant production: a review. Journal of Animal Science, 95: 2001–2018.

Mekonnen S., Descheemaeker K., Tolera A. and Amede T. 2011. Livestock water productivity in a water stressed environment in Northern Ethiopia. Expl Agric, 47(S1): 85–98.

Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. Ecosystems, 15: 401-415.

Molden D. and Sakthivadivel R. 1999. Water accounting to assess uses and productivity of water. International Journal of Water Resources Development, 15: 55–71.

Molden D.J., Oweis T.Y., Steduto P., Kijne J.W., Hanjra M.A. and Bindraban P.S., ... Zwart S. 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In: 'Water for Food, Water for Life: Insights from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture'.(Ed. D. J. Molden.): 279–314, https://doi.org/10.4324/9781849773799.

Neumann C., Bwibo N., Murphy S., Sigman M., Whaley S., Allen L., Guthrie D., Weiss R., and Demment M. 2003. Animal source foods improve dietary quality, micronutrient status, growth and cognitive function in Kenyan school children: Background, study design and baseline findings. Journal of Nutrition, 133 (11): 3941S–3949S.

Nierenberg D. 2005. Happier meals: Rethinking the global meat industry. Worldwatch Paper 171. Washington, D.C.: Worldwatch Institute.

Pallas P. 1986. Water for animals. Land and Water Development Division. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Rome, Italy.

Peden D., Tadesse G., Mammo M. 2003. Improving the water productivity of livestock: An opportunity for poverty reduction. In: McCornick, P.G.; Kamara, A.B.; Tadesse, G. (eds.). Integrated water and land management research and capacity building priorities for