

Nước ảo - một hướng nhìn mới trong quản lý tài nguyên nước

Lương Hữu Dũng*

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài 3.8.2015, ngày gửi phản biện 12.8.2015, ngày nhận phản biện 10.9.2015, ngày chấp nhận đăng 18.9.2015

Nước ảo là một khái niệm còn khá mới ở Việt Nam, tính đến nay có thể nói mới chỉ có 2 nghiên cứu chính thức có tính hệ thống về nước ảo. Năm 2010, Bộ Tài Nguyên và Môi trường phê duyệt cho Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (nay là Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu) thực hiện đề tài cấp bộ “Nghiên cứu đề xuất phương pháp và áp dụng thử nghiệm tính toán lượng nước ảo của Việt Nam”. Đề tài nghiệm thu vào năm 2012, được hội đồng khoa học các cấp nghiệm thu đánh giá cao về tính khoa học, thực tiễn và kiến nghị cần được phát triển thêm để có thể đưa vào ứng dụng trong thực tế công tác quản lý tài nguyên nước (TNN). Trên cơ sở đó, đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học, đề xuất điều chỉnh cơ cấu sử dụng nước theo quan điểm nước ảo đối với một số sản phẩm nông nghiệp chủ yếu” được phê duyệt thực hiện năm 2013 nhằm bổ sung những vấn đề về ứng dụng trong quản lý TNN. Với kết quả nghiên cứu từ đề tài, bài báo trình bày cách tính nước ảo và một hướng tiếp cận mới trong quản lý TNN.

Từ khóa: nước ảo, tài nguyên nước.

Chỉ số phân loại 1.7

VIRTUAL WATER - A NEW VIEW IN WATER RESOURCES MANAGEMENT

Summary

Virtual water is a new concept in Vietnam. Up to present, there are only two official studies on virtual water. In 2010, the Ministry of Natural Resources and Environment approved for Institute of Meteorology, Hydrology and Environment (now the Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change) to implement a research project named “Research, propose virtual water calculation methods and applications for Vietnam”. The project was completed and highly appreciated in 2012 by the scientific councils at all levels. The projects’ results were found necessary to be extended and applied in reality in water management. Based on this project, the project “Study the scientific basis of water use adjustment under the virtual water perspective for some main crops and animal products” was approved for implementation in 2013 to supplement the practical issues in water resource management. From the results of this project, this paper presents the virtual water calculation methods and a new approach in water resources management.

Keywords: virtual water, water resources.

Classification number 1.7

Mở đầu

Nước luôn được xem là đặc biệt quan trọng trong cuộc sống và gần đây nó đã được coi là hàng hóa. Theo nghĩa đen thì nước khó có thể trao đổi, buôn bán. Nhưng khi xem xét nước dưới góc nhìn nước ảo thì việc trao đổi buôn bán là hoàn toàn có thể. Việc “trao đổi, buôn bán” các loại hàng hóa đều chứa đựng nước để sản xuất ra hàng hóa đó và đó chính là nước ảo. Do vậy, khi xem xét nước dưới dạng nước ảo thì quá trình trao đổi này hoàn toàn có thể xác định được, và như vậy tính toán cân bằng nước trong bài toán quản lý TNN là hoàn toàn thực hiện được khi xem xét trên quan điểm nước ảo.

Khái niệm “nước ảo” ra đời vào giữa những năm 80 của thế kỷ trước khi các nhà kinh tế Ixraen tiến hành nghiên cứu về việc xuất khẩu cam và lê ở đất nước của họ [1]. Khái niệm này sau đó được nhà kinh tế Tony Allan thuộc Trường Nghiên cứu Phương Đông và Châu Phi, Viện Đại học Luân Đôn phát triển. Khi đó, những hiểu biết về nước ảo còn khá là mới và lạ lẫm, đặc biệt trong lĩnh vực quản lý TNN. Phải mất gần một thập kỷ để thế giới công nhận tầm quan trọng của khái niệm này trong vấn

*Email: dungluonghuu@gmail.com

đề an ninh nguồn nước trên toàn thế giới. Với sự đóng góp đó, John Anthony Allan được nhận giải thưởng Stockholm về nước năm 2008.

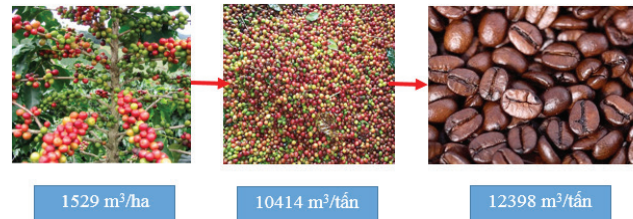
Quản lý TNN dưới góc nhìn nước ảo

Trong quản lý TNN, công việc xác định đối tượng, nhu cầu nước của mỗi đối tượng sử dụng nước và tính toán cân bằng nước của vùng hay lưu vực sông là không thể thiếu. Từ trước đến nay, xác định nhu cầu nước của một đối tượng sử dụng nước mới chỉ xét đến lượng nước thực cần cho cây trồng và vật nuôi (ví dụ như nhu cầu tưới cho cây cà phê, cây lúa lấy từ nước mưa và sông suối hoặc nước ngầm) mà chưa xét đến lượng nước cần cho sản phẩm của đối tượng sử dụng nước đó, vì thế bài toán cân bằng nước dường như mới chỉ xét ở “dạng thô” - cân bằng giữa lượng nước đến và lượng nước dùng “chưa đầy đủ và tối thiểu”. Rõ ràng bài toán cân bằng nước với đầu vào như vậy là chưa đầy đủ khi xem xét đến giá trị lợi ích của sản phẩm và giá trị của nước. Thêm nữa, với bài toán cân bằng như vậy đối với một vùng hay quốc gia thì mới chỉ xem xét một chiều là mất đi ở nhu cầu nước thực, chưa xem xét được lượng nhập vào; chưa xem xét cân bằng đến nguồn nước sử dụng để tạo ra sản phẩm cuối cùng. Do vậy, nếu chúng ta nhìn nhận nhu cầu nước dưới dạng nước ảo, thì bài toán cân bằng nước hoặc bài toán tổng thể nghiên cứu lợi ích giữa kinh tế - nguồn nước - xã hội sẽ đầy đủ, toàn diện hơn, đó là chúng ta có thể xác định nhu cầu nước xét đến sản phẩm cuối được sử dụng trong xã hội và từ đó bài toán cân bằng nước cũng xem xét được cả khía cạnh lượng nước nhập vào từ nguồn nước ảo của sản phẩm nhập khẩu, mà theo phương pháp thông thường lượng nước nhập vào chỉ được xét từ nguồn nước thực chuyển đến. Mặt khác, khi xét đến nước ảo thì bài toán về tính thuế của sản phẩm, thuế nước và bài toán quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch sử dụng nước sẽ mang lại lợi ích, sự phát triển bền vững kinh tế - xã hội và tài nguyên nước.

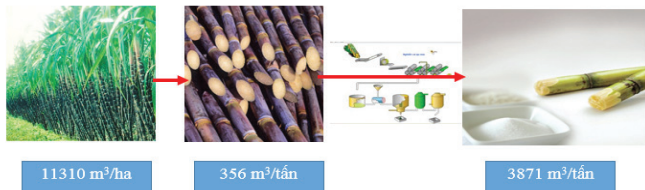
Sự khác biệt của bài toán xác định nhu cầu nước và cân bằng nước như nêu ở trên có thể lý giải từ ý nghĩa của nước ảo:

- Khái niệm nước ảo: là lượng nước cần thiết để sản xuất một đơn vị sản phẩm hàng hóa, nó không thực sự có trong sản phẩm hay hàng hóa. Ví dụ, đối với sản phẩm hạt cà phê, nước ảo chính là lượng nước cần thiết để sản xuất ra một đơn vị sản phẩm (1 tấn cà phê hạt) mà không phải lượng nước thực sự tồn tại trong 1 tấn cà phê đó. Với khái niệm này, bằng cách quy đổi thì

nước ảo có thể được ứng dụng trong tất cả các ngành và giúp chúng ta nhận biết được lượng nước thực cần thiết để sản xuất những sản phẩm và hàng hóa khác nhau [2]. Hình 1, 2 là minh họa về lượng nước cần dùng để tạo ra một sản phẩm.



Hình 1: lượng nước sử dụng để tạo thành sản phẩm trong sản xuất cà phê [2]



Hình 2: lượng nước sử dụng để tạo thành sản phẩm trong sản xuất đường [2]

- Liên quan đến “nước ảo” còn có khái niệm dấu ấn nước (*Water footprint*), là tổng lượng nước được sử dụng trong tất cả các khâu sản xuất để tạo ra sản phẩm. Dấu ấn nước thay đổi theo không gian và thời gian và được chia ra 3 thành phần:

Thành phần dấu ấn nước xanh lá (green water footprint) là lượng nước mưa tiêu hao trong suốt quá trình sản xuất ra sản phẩm (đối với nông nghiệp là lượng nước mưa dùng trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây trồng, gồm lượng bốc hơi nước cây trồng và mặt ruộng trong suốt quá trình sinh trưởng, phát triển của cây trồng).

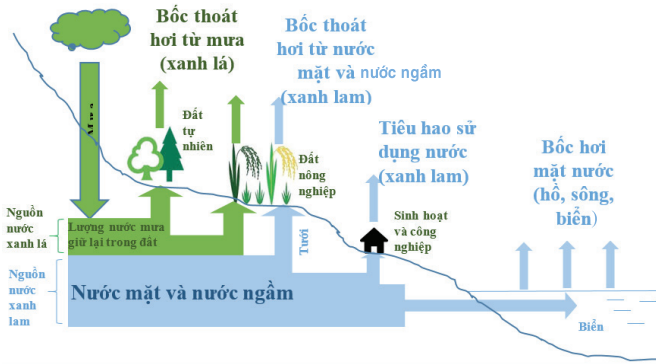
Thành phần dấu ấn nước xanh lam (blue water footprint) là lượng nước tiêu hao trong quá trình sử dụng nguồn nước mặt hay nước ngầm trong suốt quá trình sản xuất ra sản phẩm (đối với nông nghiệp là lượng nước dùng cho sự phát triển của động thực vật và để sản xuất hàng hóa).

Thành phần dấu ấn nước xám (gray water footprint) là lượng nước bị ô nhiễm trong quá trình sản xuất (hoặc lượng nước cần để pha loãng nước bị ô nhiễm để đạt tiêu chuẩn cho phép).

Đối với sản xuất nông nghiệp, “nước xanh lam” của cây trồng là tổng lượng bốc thoát hơi của nước tưới từ ruộng và lượng bốc hơi từ hệ thống tưới và lượng nước mặt hay nước ngầm thoát sang lưu vực khác hoặc hồi quy trong lưu vực nhưng không cùng một thời gian.

Trong trường hợp sản xuất công nghiệp và cấp nước sinh hoạt, thành phần của nước xanh lam trong hàng hóa hay dịch vụ là phần nước bị bốc hơi và không quay trở lại hệ thống.

Hình 3 phân biệt giữa dòng nước xanh lam và xanh lá trong tự nhiên cũng như trong sản xuất. Việc phân biệt giữa dấu ấn nước xanh lam và xanh lá là rất cần thiết. Nó thể hiện quá trình sử dụng nước từ nước mặt và nước dưới đất hoặc nước mưa. Ngoài ra, chi phí sử dụng các loại nguồn nước này cũng khác nhau. Cả 2 thành phần này của nước ảo đều đề cập đến bốc hơi, trong khi nhân tố nước xám lại đề cập đến ô nhiễm. Cả bốc hơi và ô nhiễm đều thể hiện lượng nước được sử dụng không hoàn lại trong quá trình sản xuất (hoặc lượng nước bị tiêu hao). Như vậy, lượng nước ảo trong sản xuất nông nghiệp có thể chia ra làm 3 thành phần tương ứng là lượng nước xanh lá, xanh lam và xám.



Hình 3: phân biệt thành phần dấu ấn nước xanh lam và xanh lá [2]

- Buôn bán nước ảo: song hành với khái niệm nước ảo là buôn bán nước. Đây là sự trao đổi sản phẩm, hàng hóa hàm chứa lượng nước để tạo ra sản phẩm. Trong thị trường hàng hóa, đặc biệt là lương thực, thực phẩm, có một “dòng nước ảo” (virtual water flow) dịch chuyển từ các nước xuất khẩu hàng hóa tới các nước nhập khẩu những hàng hóa đó. Thay vì phải tự sản xuất, những nước nhập khẩu có thể sử dụng lượng nước này cho những mục đích khác cần thiết hơn. Điều này có tác dụng tiết kiệm nguồn nước sử dụng của quốc gia cho mục đích khác (đem lại lợi ích cao hơn về mặt kinh tế và xã hội) mà không gây áp lực lên TNN của quốc gia.

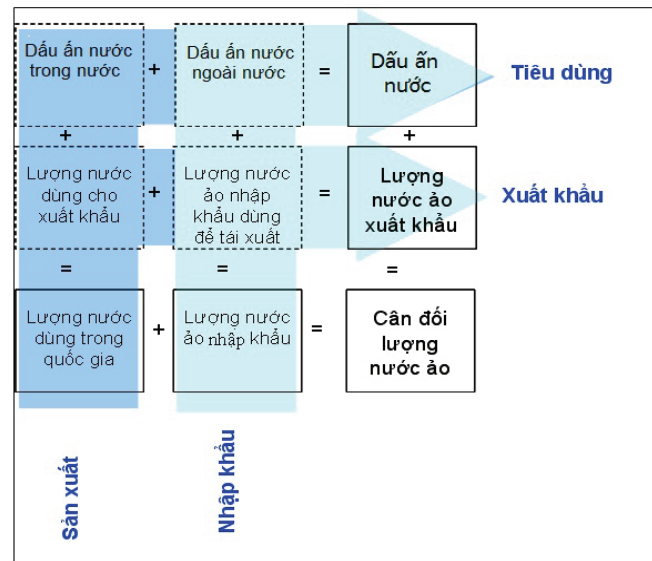
Đối với một quốc gia, tổng “dấu ấn nước” được xem là tổng lượng nước được sử dụng để sản xuất hàng hóa, dịch vụ (nước ảo) và lượng nước sinh hoạt được tiêu dùng bởi dân cư sống trong quốc gia đó. Lượng này được chia thành 2 thành phần:

Dấu ấn nước nội tại (internal water footprint) của

một vùng/quốc gia: là lượng nước dùng trong vùng/quốc gia đó để sản xuất hàng hóa và dịch vụ phục vụ dân cư trong nước.

Dấu ấn nước bên ngoài (external water footprint) của một vùng/quốc gia: là lượng nước được sử dụng ở một vùng/quốc gia khác để sản xuất hàng hóa và dịch vụ được nhập khẩu phục vụ dân cư trong nước.

Tổng lượng nước nhập khẩu/xuất khẩu khi xét đến nước ảo (gross virtual water import/export) của một quốc gia là tổng lượng nước hàm chứa trong hàng hóa mà quốc gia đó nhập khẩu hay xuất khẩu. Hiệu số giữa lượng nước ảo nhập khẩu và xuất khẩu cho ta biết trạng thái nhập khẩu/xuất khẩu nước ảo ròng của một quốc gia (*net virtual import*). Nhập khẩu nước ảo ròng nếu nhỏ hơn không, khi đó gọi là xuất khẩu nước ảo ròng (*net virtual export*) và ngược lại (hình 4).



Hình 4: khung kiểm toán sử dụng nước quốc gia trên quan điểm buôn bán nước ảo [3]

TNN không những có giá trị về mặt kinh tế - xã hội, nó là một loại nguyên liệu không thể thiếu trong sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, thủy sản..., mà còn có giá trị về mặt môi trường và duy trì đa dạng sinh học và hệ sinh thái. Dân số tăng nhanh và kinh tế phát triển dẫn đến nhu cầu sử dụng nước cho các ngành tăng, chất lượng nước mặt suy giảm do lượng chất thải đổ vào nguồn nước tăng, trong khi đó TNN là hữu hạn và nảy sinh mâu thuẫn, cạnh tranh trong hưởng lợi từ nguồn nước và sử dụng nước. Thêm nữa, sự thay đổi khí hậu làm cho nguồn nước ở nhiều nơi đang trong tình trạng khan hiếm. Điều này dẫn đến những cạnh tranh giữa các ngành/các vùng/các quốc gia trong sử dụng nước.

Theo một số nghiên cứu của Bộ Tài nguyên và Môi trường [2, 3], trong thời gian qua nhiều khu vực đang thiếu nước như miền Trung, Tây Nguyên và Đông Nam Bộ. Lượng nước trong mùa khô có những vùng gần như không đáp ứng đủ nhu cầu sử dụng. Bên cạnh đó, sức ép gia tăng dân số và phát triển kinh tế sẽ tiếp tục làm gia tăng ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và đặc biệt là gia tăng khan hiếm nguồn nước, từ đó dẫn đến gia tăng mâu thuẫn về chia sẻ lợi ích tài nguyên nước. Ở một số sông Bắc Bộ, Nam Trung Bộ, Đông Nam Bộ và Tây Nguyên, tình trạng khan hiếm nguồn nước vào mùa khô trong những năm gần đây đã xảy ra và có vùng hết sức gay gắt. Theo tính toán, vào mùa khô thì chỉ số khai thác nguồn nước cho một số khu vực có thể vượt trên ngưỡng 100% [3]. Điều này có nghĩa là sử dụng nước quá lớn so với lượng nước có, gây áp lực lên nguồn nước trong mùa khô. Thực tế này đòi hỏi có chính sách quản lý TNN bền vững và hiệu quả để tránh tình trạng mâu thuẫn lợi ích trong sử dụng nước (nước cho thủy điện, nông nghiệp, sinh hoạt và công nghiệp mùa khô), đem lại hiệu quả sử dụng nước và an ninh về nước cho phát triển kinh tế - xã hội bền vững.

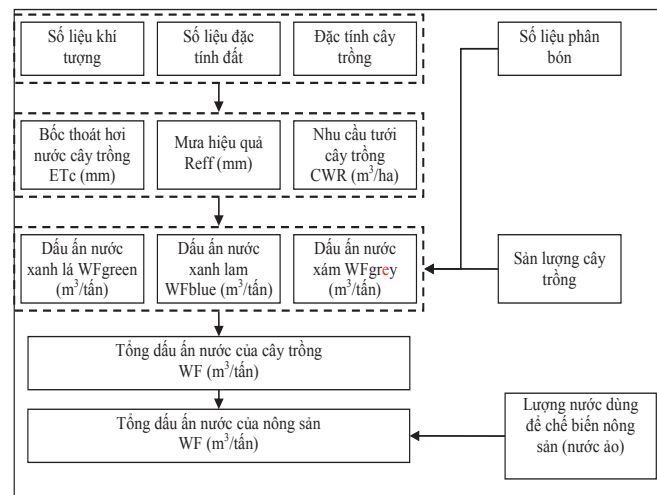
Hiện nay trên thế giới, trong khi nhiều quốc gia đã tính đến giá trị của nước trong sản phẩm thì Việt Nam dường như vẫn chỉ tính và xem xét “giá trị thực” mà TNN mang lại. Trong khi nước ta đang đứng trước nguy cơ thiếu nước, mà ngoài sự lãng phí tài nguyên, thì nguyên nhân chính là do chính sách của chúng ta dường như chưa nhìn thấy giá trị to lớn của nước theo quan điểm nước ảo. Theo nghiên cứu [2], thì Tây Nguyên hàng năm xuất khoảng 7,8 tỷ m³ nước ảo, chủ yếu từ việc xuất khẩu cà phê; vùng Đồng bằng sông Cửu Long xuất khẩu khoảng 19,3 tỷ m³/năm từ xuất khẩu cá tra và gạo. Điều đó có nghĩa, chúng ta xuất khẩu 27,1 tỷ m³ nước (gấp 4,5 lần dung tích hồ Hòa Bình) ra thế giới nhưng dường như chưa mang lại sự giàu có, chưa mang lại nhiều lợi ích to lớn, lâu dài từ giá trị của TNN - vàng trắng.

Với các khái niệm như vậy về nước ảo, trong quản lý TNN khi xác định nhu cầu nước, chúng ta có thể xác định được nhu cầu nước đến từng sản phẩm của đối tượng sử dụng nước; việc cân bằng nước sẽ xét được cả bài toán vĩ mô liên ngành và liên vùng; thành phần cân bằng của phương trình cân bằng nước sẽ xem xét được cả lượng nước nhập vào từ sản phẩm nhập khẩu; và trên hết là trong quá trình tính toán cân bằng có cơ sở để xác định được giá trị kinh tế của nguồn nước khi

có sự trao đổi. Như vậy, có thể nói việc tính toán đó có thể là toàn diện hơn, đầy đủ hơn, và nước được nhìn nhận là sử dụng rất nhiều để tạo ra sản phẩm, từ đó có cơ sở hơn trong việc định giá sản phẩm. Từ đó, theo quan điểm của tác giả, thì “Nước ảo” sẽ giúp cho các nhà hoạch định có cái nhìn cụ thể hơn trong quản lý TNN và trong phát triển kinh tế vĩ mô cũng như đưa ra quy hoạch phát triển kinh tế dài hạn. Ví dụ như trong sản xuất lúa, khi đã quan tâm đến nước ảo, nhà quy hoạch sẽ phải lưu tâm đến vùng nào nên trồng và vùng nào không nên trồng lúa nước, trồng bao nhiêu là phù hợp với nguồn nước hiện có trong tổng thể phát triển kinh tế. Bên cạnh đó, nhà quy hoạch sẽ phải tính đến chuyện phát triển sản xuất gì ở trên vùng ít nước vừa mang lại hiệu quả vừa đảm bảo sự cân bằng của TNN.

Phương pháp tính toán nước ảo cho lúa và nông sản

Phương pháp tính toán nước ảo cho lúa và nông sản ở Việt Nam được thực hiện theo sơ đồ dưới đây (hình 5) [2, 3].



Hình 5: sơ đồ phương pháp tính toán nước ảo cho lúa và nông sản ở Việt Nam

Tính toán dầu ẩn nước xanh lá và xanh lam [1, 3, 4]

Dầu ẩn nước xanh lá tồn tại trong quá trình sinh trưởng của cây trồng ($WF_{proc, green}$, m³/tấn) được tính từ lượng nước mưa (nước xanh lá) sử dụng cho cây trồng (CWR_{green} , m³/ha) chia cho năng suất thu hoạch (Y , tấn/ha). Lượng nước xanh lam ($WF_{proc, blue}$, m³/tấn) cũng được tính theo cách tương tự, tính từ lượng nước mặt hay nước ngầm (nước xanh lam) sử dụng cho cây trồng (CWR_{blue} , m³/ha) chia cho năng suất thu hoạch (Y , tấn/ha):

$$WF_{proc,green} = \frac{CWR_{green}}{Y} \quad (1)$$

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWR_{blue}}{Y} \quad (2)$$

Trong đó, lượng nước xanh lá (CWR_{green} , m³/ha) bằng tích lũy tổng lượng bốc thoát hơi nước ngày từ nước mưa (ET_{green} , mm/ngày) trong suốt quá trình sinh trưởng. Thành phần nước xanh lam bao gồm lượng bốc thoát hơi nước xanh lam và tổng lượng nước tổn thất trong quá trình tưới:

$$CWR_{green} = 10 \times \sum_{d=1}^{lg p} ET_{green} \quad (3)$$

$$CWR_{blue} = 10 \times (\sum_{d=1}^{lg p} ET_{blue} + W_{loss}) \quad (4)$$

Trong đó: CWR_{green} là lượng nước xanh lá cây trồng sử dụng biểu thị lượng mưa đã bốc hơi từ mưa trong suốt quá trình sinh trưởng; CWR_{blue} : lượng nước xanh lam cây trồng sử dụng biểu thị lượng nước tưới đã bốc hơi trong suốt quá trình sinh trưởng; ET_{green} : lượng bốc thoát hơi nước xanh lá; ET_{blue} : lượng bốc thoát hơi nước xanh lam; W_{loss} : lượng nước tổn thất trong quá trình tưới và lượng nước tưới không hồi quy trở lại sông và nước ngầm; Lgp : độ dài sinh trưởng của cây trồng.

Tính lượng bốc thoát hơi nước xanh lá và xanh lam từ ET_c [1, 3, 4]

Trong một trận mưa, chỉ một phần lượng mưa được giữ lại trong đất và được cây trồng sử dụng để sinh trưởng và phát triển. Lượng mưa này được gọi là lượng mưa hiệu quả (R_{eff} , mm). Khi lượng mưa hiệu quả vượt quá lượng bốc thoát hơi nước tiềm năng ET_c của cây trồng thì tổng lượng bốc thoát hơi nước tiềm năng chính là tổng lượng bốc thoát hơi nước xanh lá. Ngược lại, khi bốc thoát hơi nước tiềm năng lớn hơn tổng lượng mưa hiệu quả thì lượng bốc thoát hơi nước xanh lá bằng tổng lượng mưa hiệu quả:

$$\sum_{d=1}^{lg p} ET_{green} = \min \left(\sum_{d=1}^{lg p} R_{eff}, \sum_{d=1}^{lg p} ET_c \right) \quad (5)$$

Trên cơ sở kết hợp các công thức (1), (3) và (5), đầu ấn nước xanh lá được tính theo công thức sau :

$$WF_{proc,green} = \frac{10 \times \min \left(\sum_{d=1}^{lg p} R_{eff}, \sum_{d=1}^{lg p} ET_c \right)}{Y} \quad (6)$$

Đối với thành phần bốc thoát hơi nước xanh lam ET_{blue} , trong trường hợp lượng mưa hiệu quả lớn hơn lượng nước tưới, thì ET_{blue} được lấy bằng 0. Trong trường hợp ngược lại, ET_{blue} được lấy bằng hiệu số giữa ET_c và R_{eff} :

$$\sum_{d=1}^{lg p} ET_{blue} = \min \left(\sum_{d=1}^{lg p} ET_c - \sum_{d=1}^{lg p} R_{eff}, 0 \right) \quad (7)$$

Thành phần ET_{blue} có ý nghĩa khi chỉ xem xét ảnh hưởng của lượng bốc thoát hơi nước từ mưa và lượng nước bốc thoát hơi nước từ tưới của cây trồng. Trong bài toán tính tổng đầu ấn nước của nông sản, để rút gọn khối lượng tính toán, đầu ấn nước xanh lam có thể xác định trực tiếp theo tổng nhu cầu tưới của cây trồng, không cần tính tách biệt giữa ET_{blue} và W_{loss} .

Tính toán lượng nước xám [1, 3, 4]

Công thức tính đầu ấn nước theo Hoekstra và Chapagain [5]:

$$WF_{proc,gray} = \frac{\alpha \times AR / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad (8)$$

Trong đó: α là hệ số thẩm thấu; AR (kg/ha): lượng phân bón sử dụng trên một hecta đất canh tác; c_{max} , c_{nat} (kg/m³): nồng độ tối đa cho phép và nồng độ tự nhiên của chất hóa học gây ô nhiễm; Y (tấn/ha) là năng suất cây trồng.

Các chất gây ô nhiễm thường có trong phân bón (nitơ, photpho...), thuốc trừ sâu và thuốc diệt cỏ. Để đơn giản trong quá trình tính toán, coi như chỉ có duy nhất một “dòng nước thải” chảy vào nguồn nước ngọt, theo tỷ lệ tổng lượng phân bón hoặc thuốc trừ sâu sử dụng trên đồng ruộng. Khi đó, chỉ cần tính cho chất ô nhiễm nghiêm trọng nhất hay có đầu ấn nước xám cao nhất.

Kết luận

Bài báo đã trình bày khái niệm về nước ảo, cách tính toán từng thành phần đầu ấn nước xanh lá, xanh lam và nước xám của nước ảo trong nông nghiệp, đồng thời đã đưa ra quan điểm về việc ứng dụng khái niệm nước ảo trong tính toán nhu cầu nước và cân bằng nước. Với cách nhìn như vậy, theo quan điểm của tác giả, việc tính toán nhu cầu nước của các đối tượng sử dụng nước trong bài toán cân bằng nước trong quản lý TNN sẽ đầy đủ hơn; và tính toán cân bằng nước sẽ bao quát hơn (do thành phần của phương trình cân bằng sẽ có cả thành phần nước nhập khẩu từ sản phẩm).

Bài báo này gợi ý một hướng tiếp cận mới về quản lý, cân đối TNN dựa trên quan điểm kinh tế nước. Đây là một vấn đề mới, do vậy hướng tiếp cận quản lý TNN theo quan điểm nước ảo và việc ứng dụng vào thực tiễn cần phải có thời gian kiểm chứng và đầu tư nghiên cứu hơn nữa.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Tài nguyên và Môi trường, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu và các chuyên gia đã giúp đỡ trong quá trình nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

[1] Allan J.A (1997), “Virtual Water: A long term solution for water short Middle Eastern economies”, *Paper presented at the 1997 British Association Festival of Science*, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, Water and Development Session.

[2] Lương Hữu Dũng (2015), *Nghiên cứu cơ sở khoa học đề xuất điều chỉnh cơ cấu sử dụng nước theo quan điểm nước ảo đối với một số sản phẩm nông nghiệp chủ yếu*, Đề tài khoa học thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường.

[3] Lương Hữu Dũng (2010), *Nghiên cứu đề xuất phương pháp và áp dụng thử nghiệm tính toán lượng nước ảo của Việt Nam*, Đề tài khoa học thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường.

[4] Hoekstra A.Y & Hung P.Q (2002), “Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade”, *Value of water research report series*, No.11, UNESCO-IHE.

[5] Aldaya M.M, Chapagain A.K, Hoekstra A.Y, Mekonnen M.M (2012), “The water footprint assessment manual: Setting the global standard”, *Routledge*.