مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۱۴۱-۱۵۸
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.19044.3450

برآورد حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی (مطالعه موردی: مزارع شهرستان اصفهان)

امیرحسین عطاران[1] و علی دهنوی*[2]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی عمران (مدیریت منابع آب)، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران،
[2]استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۴

چکیده

سابقه و هدف: برای اطلاع از حجم آب مصرفی در تولید محصولات مختلف از مفهوم ردپای آب استفاده می‌شود. با توجه به این‌که دو محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در مقیاس کشوری دارای بیش‌ترین میزان ضایعات در قیاس با سایر محصولات زراعی هستند، بنابراین در این پژوهش میزان ضایعات مرحله برداشت این دو محصول، در چهار مزرعه واقع در شهرستان اصفهان و در دو روش آبیاری موردبررسی و محاسبه قرار گرفت. درنهایت و با به‌کارگیری ردپای آب، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات مذکور محاسبه گردید.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر، ابتدا دبی آب ورودی به هر مزرعه اندازه‌گیری و به کمک برنامه آبیاری مزارع مربوطه، حجم آبیاری ناخالص محصولات برآورد گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار کراپ‌وات و به کمک داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های نزدیک به منطقه موردپژوهش (شرق اصفهان و کبوترآباد)، نیاز آبیاری خالص محصولات تعیین شد. در ادامه با به‌کارگیری روش توزین، عملکرد محصولات و وزن محصولات تلف‌شده تعیین گردید. درنهایت، ردپای آب برای هر محصول محاسبه و حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات آن‌ها برآورد گردید.

یافته‌ها: مطابق نتایج این پژوهش، متوسط تلفات محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در مرحله برداشت، به ترتیب برابر با ۱/۳±۴/۸ و ۰/۸±۸/۵ درصد از کل برداشت آن‌ها برآورد شد. مقدار ردپای آب کل برای محصول سیب‌زمینی درروش آبیاری غرقابی و قطره‌ای به ترتیب برابر با ۲۷۷/۸ و ۱۲۹/۷ مترمکعب بر تن بوده و این در حالی است که مقدار ردپای آب کل برای محصول گوجه‌فرنگی به همان ترتیب برابر با ۱۴۵/۱ و ۱۷۵/۲ مترمکعب بر تن بوده است.

نتیجه‌گیری: براساس درصد تلفات محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی و به‌کارگیری متوسط ردپای آب کل آن‌ها و هم‌چنین، با توجه به تولید سالانه محصولات مذکور در اصفهان و نیز کشور، متوسط حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات این دو محصول و فقط در مرحله برداشت، برابر با ۴/۲ (حداقل ۲/۹ و حداکثر ۵/۷) و ۱۲۸ (حداقل ۱۰۲ و

* مسئول مکاتبه: a.dehnavi@eng.ui.ac.ir

حداکثر ۱۵۲/۹) میلیون مترمکعب در سال به ترتیب در اصفهان و کشور برآورد می‌شود. این در حالی است که براساس کل ضایعات این دو محصول از مرحله برداشت تا مصرف، متوسط حجم آب تلف‌شده ناشی از آن‌ها به همان ترتیب برابر با ۱۷/٤ (حداقل ۱۱/۵ و حداکثر ۲۳/۲) و٤۸۲ (حداقل ۳۸۰/۳ و حداکثر ۵۸۳/٦) میلیون مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود، لذا مدیریت آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات زراعی در مدیریت منابع آب تخصیص‌یافته به بخش کشاورزی دارای اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: تلفات محصولات، ردپای آب، مدیریت آب، هدررفت آب در کشاورزی

مقدمه

آب شیرین یک منبع تجدیدپذیر و محدود است که کیفیت و قابلیت دسترسی به آن، تابع زمان و مکان است. رشد جمعیت همراه با تحولات اجتماعی و اقتصادی، فشار ناشی از کمبود منابع آب را افزایش داده است (۲۷). آب در فعالیت‌های مختلفی ازجمله کشاورزی، شهری، روستایی و صنعت استفاده می‌شود که یکی از مصرف‌کننده‌های اصلی آن، کشاورزی است. طبق گزارش‌ها، حدود ٦۷ درصد آب در مقیاس جهانی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود که این مقدار در کشورهای درحال‌توسعه مانند ایران، به ۹۰ درصد نیز می‌رسد (٦). یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها و اولویت‌ها برای رویارویی با مسأله کمبود آب، کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی است (۹). سالانه در حالی بیش از ۸۰ میلیون تن از انواع محصولات زراعی در کشور تولید می‌شود که طبق آخرین آمار جهاد کشاورزی، سالانه ۳۰ درصد محصولات زراعی به طرق مختلف ازجمله: حمل‌ونقل نامناسب، برداشت غیراصولی، انبار نامناسب و غیره، تلف‌شده و از چرخه مصرف خارج می‌گردد (۳٤ و ۳۵).

فائو در سال ۲۰۱۱، تعریف دقیقی را از ضایعات مواد غذایی بیان نمود که بر اساس آن، به بخشی از محصول کشاورزی که در مراحل کاشت، داشت، برداشت، پس از برداشت، عرضه و تا قبل از مصرف به دلایل مختلف ازجمله: آفات و بیماری‌ها، حمل‌ونقل نامناسب و غیره، از بین رفته و یا کیفیت خود را از دست می‌دهد، ضایعات غذایی گفته می‌شود (۱٦). در سال‌های اخیر، مطالعات محدودی در رابطه با ضایعات محصولات زراعی انجام‌شده ازجمله: خشنودی‌فر و همکاران (۲۰۱۱)، ضایعات محصول گندم را در استان مرکزی موردبررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان ضایعات محصول مذکور به‌طور متوسط ۲٦/۵ درصد از کل تولید این محصول بوده است (۲٤). ناندا و همکاران (۲۰۱۲)، تلفات محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی را در کشور هند موردبررسی قرار دادند (۳۰). مطابق نتایج این پژوهش میزان تلفات محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در مرحله برداشت به ترتیب برابر با ٦/۷ و ۹/۹ درصد از کل تولید این دو محصول بوده است. اسپانگ و استیون (۲۰۱۸)، تلفات محصول سیب‌زمینی را در ۷ ناحیه از کشور آمریکا موردمطالعه قرار دادند (۳٤). نتایج این پژوهش نشان داد که میزان تلفات محصول سیب‌زمینی در مرحله برداشت، ۵/۹ درصد از کل تولید این محصول بوده است. ازآن‌جایی‌که برای تولید این محصولات ضایع‌شده آب مصرف می‌شود، بنابراین توجه به آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات زراعی در مدیریت منابع آب تخصیص‌یافته به بخش کشاورزی دارای اهمیت است. کوما و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی میزان آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات زراعی را ۲٤ درصد از کل آب شیرین جهان برآورد کردند (۲۵).

از مفهوم ردپای آب استفاده می‌گردد. هوکسترا در سال ۲۰۰۲ برای نخستین بار به‌منظور اطلاع از حجم آب مصرفی یک محصول در طول دوره رشد آن، مفهوم ردپای آب را معرفی نمود (۲۰). درواقع ردپای آب عکس کارایی مصرف آب است (۳۷). مفهومی که توسط هوکسترا معرفی شد، دارای سه جزء آب آبی (مصرف آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی در طول چرخه تولید یک محصول)، آب سبز (مصرف آب باران در طول چرخه تولید محصول) و آب خاکستری (حجم آب لازم برای رقیق‌سازی و تبدیل آب آلوده به آب مطابق استاندارد قابل‌قبول) است (۲۰). اغلب مطالعات انجام‌شده در رابطه با ردپای آب، اهدافی هم‌چون یافتن بهترین مکان کشت، تأثیر اقلیم بر ردپای آب و تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر روی ردپای آب را دنبال نموده است. به‌عنوان نمونه: یوسفی و همکاران (۲۰۱۸)، باهدف یافتن بهترین مکان کشت محصولات، ردپای آب محصولات زراعی را در ٤ ناحیه از استان تهران موردبررسی قرار دادند (۳٦). نتایج این پژوهش نشان داد که نواحی غربی و جنوبی استان تهران به‌منظور کشت محصول گندم مناسب‌تر می‌باشد. کاراندیش و هوکسترا (۲۰۱۷)، به‌منظور بررسی تأثیر اقلیم بر مقدار ردپای آب محصولات مختلف، ردپای آب ۲٦ محصول زراعی را در نواحی مختلف کشور ایران طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ موردبررسی قرار دادند (۲۱). مطابق نتایج این پژوهش، ردپای آب محصولات در اقلیم خشک، بیش‌تر از مقدار آن در اقلیم مرطوب بوده است. چوکالا و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر مقدار ردپای آب محصولات سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و ذرت را موردمطالعه قرار دادند (۹). نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌جای آبیاری شیاری، به‌طور متوسط ۲۸ درصد، مقدار ردپای آب محصولات موردمطالعه را کاهش داده است. در هیچ‌یک از مطالعات مذکور، به تلفات آب در کشاورزی اشاره‌ای نشده است. رمضانی اعتدالی و آبابایی (۲۰۱٤)، به‌عنوان متخصصان مدیریت منابع آب برای نخستین بار به‌منظور بیان تلفات آب در کشاورزی، جزء دیگری را تحت عنوان ردپای آب سفید معرفی نمودند (۱٤). اعتدالی و آبابایی (۲۰۱۷)، در مطالعاتی طی سال‌های ۲۰۱٤، ۲۰۱٦ و ۲۰۱۷ به ترتیب ردپای آب محصولات گندم، جو و ذرت را موردبررسی قرار دادند (۱، ۲ و ۳۱). در هر سه مطالعه مذکور، ردپای آب سفید دارای بیش‌ترین مقدار از کل ردپای آب بوده است. ردپای آب سفید در این مطالعات تنها به تلفات راندمان آبیاری اشاره نموده و به آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات اشاره‌ای نکرده است، بنابراین در این پژوهش و با به‌کارگیری مفهوم ردپای آب، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات کشاورزی مدنظر قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که دو محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در قیاس با سایر محصولات زراعی دارای بیش‌ترین میزان ضایعات هستند (۲۸). براین اساس، در این پژوهش حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات این دو محصول در چهار مزرعه واقع در اصفهان و در دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای برآورد شد. ازآن‌جایی‌که حدود ۷۵ درصد کشور و ازجمله اصفهان، در اقلیم خشک و فراخشک واقع هستند، نتایج حاصل از اصفهان به‌کل کشور تعمیم داده‌شده و حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات این دو محصول در کل کشور نیز برآورد گردید که تا حدودی با عدم قطعیت همراه است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی چهار مزرعه واقع در دهستان براآن شمالی انجام شد. این منطقه با مساحت ۳۳۱٤

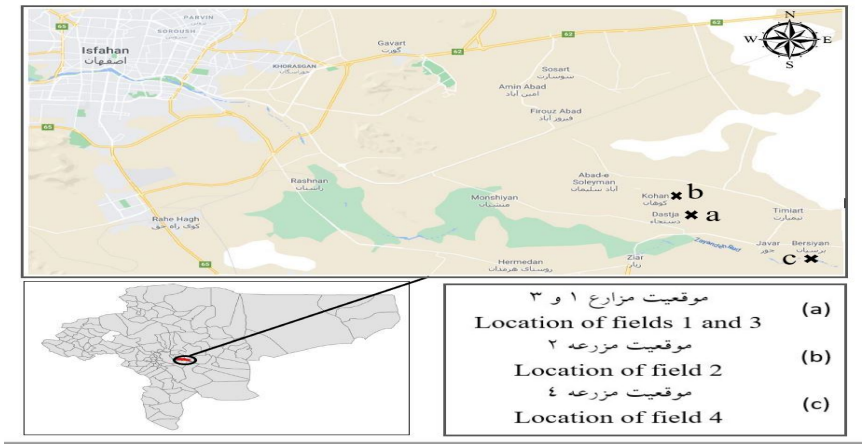
هکتار در ۳۰ کیلومتری شرق اصفهان واقع شده بود (۸). در جدول ۱، مشخصات اقلیمی منطقه یادشده آورده شده است. متوسط بارندگی و دمای سالانه در منطقه مذکور به ترتیب برابر با ۱۰۵/٦ میلی‌متر و ۱۵/۹ درجه سلسیوس می‌باشد (۲٦). بر این اساس و با به‌کارگیری شاخص دومارتون، این منطقه دارای اقلیمی فراخشک است و به لحاظ توانمندی کشاورزی از قطب‌های مهم کشاورزی در استان اصفهان محسوب می‌شود (۵). در شکل ۱، موقعیت مزارع موردمطالعه در منطقه مذکور نشان داده‌شده است. مزارع موردپژوهش در پژوهش حاضر، به توصیه جهاد کشاورزی براآن شمالی انتخاب شده‌اند. در جدول ۲، مشخصات کلی مزارع موردپژوهش به تفکیک محصول و روش آبیاری نشان داده است.

جدول ۱- مشخصات اقلیمی منطقه موردمطالعه (۲٦).

Table 1. Climatic characteristics of the study area.

ماه Month	متوسط دمای حداقل Average minimum temperature (°C)	متوسط دمای حداکثر Average maximum temperature (°C)	بارندگی precipitation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	سرعت باد* Wind speed (m/s)
APR	5.9	21.9	19.2	43.2	2.5
MAY	10.8	27.5	14	40.6	2.3
JUN	14.9	34	2.5	28.6	1.6
JUL	19	38.2	1.9	23.4	1.5
AUG	17.7	37	0	24.5	1.1
SEP	13.7	33.9	0.4	28.8	1
OCT	9	28.6	1.3	33.7	1
NOV	3.5	19.7	13.9	48.9	0.9
DEC	-1.6	12.9	15.8	58.1	0.7
JAN	-4.2	10.6	11.8	57.2	0.8
FEB	-2.1	12.9	12.4	52.8	2.2
MAR	1.4	17.5	12.4	43	2.4

* سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین است



شکل ۱- نقشه دهستان براآن شمالی و موقعیت مزارع موردمطالعه (۱۲).

Figure 1. Village map for the north Baraan and the location of the studied Field.

جدول ۲- مشخصات کلی مزارع موردمطالعه.

Table 2. General characteristics of the studied Fields.

شماره مزرعه Field Number	مکان مزرعه Field Location	مساحت مزرعه Field Area (m^2)	روش آبیاری Irrigation method	محصول Crop	علامت اختصاری Symbol
1	روستای دستجا Dastja village	5600	غرقابی Furrow	سیب‌زمینی Potato	P-F-1
2	روستای کوهان Kohan village	5700	قطره‌ای Drip	سیب‌زمینی Potato	P-D-2
3	روستای دستجا Dastja village	5100	غرقابی Furrow	گوجه‌فرنگی Tomato	T-F-3
4	روستای برسیان Barsian village	12000	قطره‌ای Drip	گوجه‌فرنگی Tomato	T-D-4

برای محاسبه نیاز آبی محصولات در مطالعه حاضر، تبخیر و تعرق آن‌ها از روش پنمن‌مونتیث فائو (رابطه ۱) و با به‌کارگیری نرم‌افزار کراپ‌وات نسخه ۸ محاسبه شده است. برای محاسبه تبخیر و تعرق از متوسط داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های شرق اصفهان و کبوترآباد، طی سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۹۷ استفاده گردید.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{900}{T+273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \qquad (۱)$$

که در آن، ET_0 تبخیر و تعرق مرجع برحسب ($mm\ day^{-1}$)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه برحسب ($Mj\ m^{-2}day^{-1}$)، G شار گرمای خاک برحسب ($Mj\ m^{-2}day^{-1}$)، T میانگین روزانه دمای هوا برحسب (°C)، u_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری برحسب ($m\ s^{-1}$)، e_s فشار بخار اشباع برحسب (Kpa)، e_a فشار بخار واقعی برحسب (Kpa)، Δ شیب منحنی فشار بخار برحسب ($Kpa\ °c^{-1}$)، γ ضریب ثابت سایکرومتری برحسب ($Kpa\ °c^{-1}$) می‌باشد. برای تعیین اجزای معادله فوق از نشریه شماره ٥٦ فائو استفاده شد (٤). به‌منظور محاسبه نیاز آبی گیاه از رابطه ۲، استفاده گردید.

$$CWU = K_c * ET_0 \qquad (۲)$$

که در آن، CWU نیاز آبی محصول برحسب (mm)، K_c ضریب گیاهی محصول مورد نظر، ET_0 تبخیر و تعرق مرجع محصول برحسب (mm) می‌باشد (۲۰). برای محاسبه نیاز آبیاری خالص و مصرف آب سبز از رابطه‌های ۳ و ٤، استفاده شد.

$$CWU_{blue} = 10 \times \max\ (0, CWU - P_{eff}) \qquad (۳)$$

$$CWU_{green} = 10 \times \min\ (CWU, P_{eff}) \qquad (٤)$$

که در آن‌ها، CWU_{blue} نیاز به آب آبی[1] (آبیاری خالص)، برحسب ($m^3\ hec^{-1}$)، CWU_{green}[2] مصرف آب سبز برحسب ($m^3\ hec^{-1}$)، P_{eff} بارندگی مؤثر برحسب (mm) و ضریب ۱۰ به‌منظور تبدیل واحد میلی‌متر به مترمکعب بر هکتار می‌باشد (۲۰).

وزن محصولات در پژوهش حاضر، به دو روش شامل ۱- استفاده از وزن قبض باسکول و ۲- تعیین وزن محصول مدنظر در چند مساحت مشخص و تعیین وزن کل محصول در یک هکتار بر اساس رابطه ۵، مدنظر قرار گرفت. از روش اول به‌منظور تعیین

1- Blue Crop Water Use
2- Green Crop Water Use

عملکرد محصولات و از روش دوم به‌منظور اندازه‌گیری وزن محصولات ضایع‌شده و نیز، صحت‌سنجی میزان عملکرد محصولات استفاده گردید.

$$W_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{W_i}{A_i}}{n} \times 10^4 \qquad (۵)$$

که در آن، W_C وزن محصول برحسب ($ton\ hec^{-1}$)، W_i وزن محصول در هر مساحت مشخص برحسب (ton)، n تعداد نمونه انتخابی و A_i مساحت هر قسمت موردبررسی مزرعه برحسب (m^2) می‌باشد. در این مطالعه، $n=۳$ در نظر گرفته شد و ضریب $۱۰^{٤}$ مساحت یک هکتار برحسب (m^2) می‌باشد. به کمک رابطه ٦، درصد ضایعات محصولات موردمطالعه در مرحله برداشت محاسبه شد.

$$\alpha = \frac{W_{CL}}{W_{TC}} \qquad (٦)$$

که در آن، W_{CL} وزن محصولات تلف‌شده برحسب ($ton\ hec^{-1}$)، W_{TC} وزن کل محصولات اعم از محصول برداشت شده و تلف‌شده برحسب ($ton\ hec^{-1}$) و α درصد ضایعات محصولات موردمطالعه می‌باشد.

برای اندازه‌گیری نیاز آبیاری ناخالص محصولات موردپژوهش، مطابق با روش سیدان و همکاران، ابتدا دبی آب ورودی به هر مزرعه اندازه‌گیری گردید و سپس برنامه آبیاری هر مزرعه به کمک پرسش از کشاورزان مربوطه تعیین و با چندین بار حضور در مزارع مربوطه، صحت‌سنجی گردید (۳۳). درنهایت و با در اختیار داشتن مدت زمان آبیاری محصولات، در کل طول دوره رشد آن‌ها در هر مزرعه (به‌دست‌آمده از برنامه آبیاری هر مزرعه)، حجم آبیاری ناخالص محصولات یادشده محاسبه شد.

اجزای ردپای آب شامل ردپای آب آبی و آب سبز مطابق با روش هوکسترا و ردپای آب سفید طبق روش اعتدالی و آبابایی، به کمک رابطه‌های ۷ تا ۱۰ محاسبه شد (۱ و ۲۰). در تمامی پژوهش‌هایی که پیش از این در رابطه با ردپای آب سفید انجام‌شده، مقدار نیاز آبیاری خالص به کمک نرم‌افزار محاسبه و نیاز آبیاری ناخالص با به‌کارگیری متوسط راندمان آبیاری در منطقه موردپژوهش محاسبه شده که دارای خطای بالایی بوده است، بنابراین در پژوهش حاضر به‌منظور این‌که برآورد مناسبی از ردپای آب سفید محصولات انجام شود، مقدار نیاز آبیاری ناخالص به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شده است.

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \qquad (۷)$$

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \qquad (۸)$$

$$WF_{white} = \frac{CWU_{gblue} - CWU_{blue}}{Y} \qquad (۹)$$

$$WF_{total} = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{white} \qquad (۱۰)$$

که در آن‌ها، WF_{total}، WF_{blue}، WF_{green} و WF_{white} و به ترتیب ردپای آب کل، آب آبی، آب سبز و آب سفید برحسب ($m^3\ ton^{-1}$)، CWU_{blue} نیاز آبیاری خالص محصول برحسب ($m^3\ hec^{-1}$) (محاسبه شده توسط نرم‌افزار)، CWU_{gblue} حجم آبیاری ناخالص محصول برحسب ($m^3\ hec^{-1}$) (اندازه‌گیری شده به‌صورت میدانی)، Y عملکرد محصولات برحسب ($ton\ hec^{-1}$) می‌باشد (۱ و ۲۰).

به‌منظور محاسبه حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات موردمطالعه، از رابطه ۱۱ استفاده گردید.

$$VWL_{CL} = WF_{total} \times \alpha \times P_T \times 10^{-6} \qquad (۱۱)$$

که در آن، P_T کل تولید سالانه محصول در محدوده موردنظر برحسب (ton) و VWL_{CL} حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات موردمطالعه[1] برحسب ($Mm^3\ year^{-1}$) می‌باشد.

نتایج و بحث

در جدول ۳، ویژگی‌های عمده زراعی محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی که پیش‌نیاز محاسبه ردپای آب هستند، به تفکیک مزارع موردمطالعه و روش آبیاری آن‌ها آورده شده است. بررسی ارقام درج‌شده برای عملکرد محصول سیب‌زمینی در دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای (به ترتیب در مزارع ۱ و ۲)، در جدول مذکور نشان داد که استفاده از روش آبیاری قطره‌ای به‌جای روش غرقابی در مزرعه ۲، مقدار عملکرد این محصول را در قیاس با مقدار آن در مزرعه ۱، به میزان ۲۵ درصد افزایش داده بود.

متوسط عملکرد محصول مذکور در پژوهش حاضر ۷±٤٥ تن بر هکتار تعیین گردید. مقدار عملکرد محصول سیب‌زمینی در تحقیقات میگوئل و همکاران (۲۰۱۵)، قاسمی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۱) و سیدان و همکاران (۲۰۱۹) به ترتیب برابر با ۳۹، ۵۰/۳ و ٤۷/۵ تن بر هکتار تعیین شده که در این بین، نتیجه پژوهش سیدان و همکاران (۲۰۱۹) به نتیجه پژوهش حاضر، بسیار نزدیک بوده است (۱۳، ۱۷ و ۱۸).

بررسی مقادیر درج‌شده برای عملکرد محصول گوجه‌فرنگی در جدول یادشده نشان داد که مقدار عملکرد محصول مذکور در مزرعه ۳ با وجود استفاده از سیستم آبیاری غرقابی، ۲/٤ برابر مقدار آن در مزرعه ٤ (با روش آبیاری قطره‌ای) گردیده است. بررسی‌های بیش‌تر نشان داد با توجه به این‌که شرایط مدیریت زراعی، جنس خاک، فصل کشت، محل کشت و غیره در هر دو مزرعه ۳ و ٤ مشابه بوده است، بنابراین استفاده از بذر مرغوب (رقم ۸۳۲۰) در مزرعه ۳، باعث ایجاد چنین اختلافی شده است، بنابراین توجه به روش آبیاری مناسب، در کنار انتخاب بذر مناسب به‌منظور افزایش عملکرد محصولات دارای اهمیت است. متوسط عملکرد محصول یادشده در پژوهش حاضر برابر با ٤۹±۸۲/۵ تن بر هکتار تعیین گردید. مقدار عملکرد محصول مذکور در پژوهش‌های اوانجلو و همکاران (۲۰۱٦)، محمدی و همکاران (۲۰۱٦) و صالح‌نیا و همکاران (۲۰۱۸) به ترتیب معادل با ۱۲۸، ٦۷/۱ و ۳۹/٦ تن بر هکتار بوده و در این بین، نتیجه پژوهش حاضر، به نتیجه پژوهش محمدی و همکاران (۲۰۱٦) در قیاس با سایر پژوهش‌ها نزدیک‌تر بوده است (۱۵، ۲۹ و ۳۲).

عواملی ازجمله: فصل کشت، نوع بذر، شرایط مدیریت زراعی، روش آبیاری و غیره باعث ایجاد اختلاف در میزان عملکرد دو محصول موردمطالعه با نتایج سایر تحقیقات گردیده است.

تفاوت در فصل کشت محصولات، طول دوره رشد متفاوت، نوع محصول و غیره، باعث ایجاد اختلاف در مقادیر تبخیر و تعرق و به دنبال آن نیاز آبیاری خالص محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در مزارع موردمطالعه شده است. بر اساس جدول ۳ و برای محصول سیب‌زمینی تحت دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای (به ترتیب در مزارع ۱ و ۲)، هرچند میانگین کلی نیاز آبیاری خالص بالغبر ٤٤۲۳/۵±۸۵۳ مترمکعب بر هکتار بوده است، اما اختلافی بالغبر ۱۲۰۷ مترمکعب بر هکتار در مقدار نیاز آبیاری خالص محصول مذکور در مزارع یادشده ایجاد شده است. طولانی‌تر بودن طول دوره رشد محصول یادشده در مزرعه ۲ در قیاس با مزرعه ۱، چنین اختلافی را ایجاد نموده است. مقدار نیاز آبیاری خالص محصول سیب‌زمینی برای شهر اصفهان در سند ملی آبیاری

1- The volume of water lost due to crop losses

(که توسط سازمان جهاد کشاورزی ارائه شده است[1]) برابر با ٦٤٠٠ مترمکعب بر هکتار بوده که به میزان ۱۹۷٦/۵ مترمکعب بر هکتار بیش‌تر از متوسط نیاز آبیاری خالص این محصول در پژوهش حاضر بوده است. متفاوت بودن فصل کشت محصول یادشده در سند ملی آبیاری در قیاس با پژوهش حاضر، باعث ایجاد چنین اختلافی شده است (شروع کشت در پژوهش حاضر اواسط بهمن‌ماه بوده در حالی که در سند ملی شروع کشت اوایل فروردین‌ماه بوده است).

مقدار نیاز آبیاری خالص محصول گوجه‌فرنگی تحت دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای (به ترتیب در مزارع ۳ و ٤)، با توجه به طول دوره رشد و فصل کشت مشابه محصول مذکور در مزارع یادشده، به هم نزدیک شده و میانگین کلی آن معادل با ۱۵۹±۷۳۱۱/۵ مترمکعب بر هکتار تعیین گردید. مقدار نیاز آبیاری خالص محصول گوجه‌فرنگی برای شهر اصفهان در سند ملی آبیاری کشور برابر با ۷۰۸۰ مترمکعب بر هکتار بوده که به متوسط نیاز خالص آبیاری این محصول در پژوهش حاضر نزدیک بوده است (به علت فصل کشت مشابه این محصول در سند ملی آبیاری و پژوهش حاضر).

متفاوت بودن راندمان آبیاری در مزارع موردمطالعه، از دلایل اصلی اختلاف در نیاز آبیاری ناخالص محصولات مذکور می‌باشد. همان‌گونه که از جدول ۳ مشخص است، استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای به‌جای آبیاری غرقابی در مزارع سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب باعث کاهش ٤٤ و ٤۹ درصدی مصرف آب شده و راندمان آبیاری را در مزارع یادشده به همان ترتیب ۱۳۳ و ۱۰۲ درصد افزایش داده است. هرچند نوع بذر در پژوهش حاضر متفاوت است، اما در صورت ثابت بودن سایر شرایط ازجمله نوع بذر، میزان عملکرد و غیره، استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری به‌ویژه، آبیاری قطره‌ای در مدیریت منابع آب تخصیص‌یافته به بخش کشاورزی دارای اهمیت است.

در شکل ۲، اجزای ردپای آب محصولات موردمطالعه به تفکیک روش آبیاری نشان داده‌شده است. براساس این شکل و برای محصول سیب‌زمینی در دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای (به ترتیب در مزارع ۱ و ۲)، هرچند میانگین کلی بالغبر ۱۰۵±۲۰۳/۸ مترمکعب بر تن بوده است، اما اختلافی بالغبر ۱٤۸ مترمکعب بر تن در ردپای کل آب این دو مزرعه ایجاد شده است. بررسی بیش‌تر نشان داد که با توجه به نزدیک بودن مقادیر ردپای آب آبی و آب سبز این محصول در دو مزرعه یادشده، اختلاف مورد نظر ناشی از اختلاف در ردپای آب سفید بوده است. همان‌گونه که از شکل نیز مشخص است، مقدار زیاد ردپای آب سفید محصول سیب‌زمینی در مزرعه ۱ (به دلیل پایین بودن راندمان آبیاری در روش غرقابی)، در قیاس با مزرعه ۲ که از روش آبیاری قطره‌ای استفاده نموده، چنین تفاوتی را ایجاد نموده است. بررسی‌های جنبی نشان داد که راندمان آبیاری در مزرعه ۱ و ۲ به ترتیب برابر با ۳٦ و ۸٤ درصد بوده است.

متوسط اجزای مختلف ردپای آب محصول سیب‌زمینی شامل آب آبی، آب سبز، آب سفید و کل ردپای آب به ترتیب معادل با ٤±۹۸، ۲±۱۱/۸، ۱۰۷±۹۳/۹ و ۱۰۵±۲۰۳/۸ مترمکعب بر تن تعیین گردید. در ادامه نتایج تعدادی از پژوهش‌های انجام‌شده بر روی ردپای آب محصول یادشده به‌منظور مقایسه با متوسط اجزای ردپای آب محصول مذکور در پژوهش حاضر آورده شده است. متأسفانه به دلیل نو بودن موضوع ردپای آب سفید، تاکنون پژوهشی در مورد ردپای آب سفید محصول

۱- به‌دست آمده از نرم‌افزار نت‌وات که نسخه بومی شده کراپ‌وات می‌باشد

سیب‌زمینی انجام‌نشده است، بنابراین، این مقایسه تنها برای دو جزء ردپای آب آبی و آب سبز انجام‌شده است. مقادیر ردپای آب آبی و آب سبز در پژوهش هس و همکاران (۲۰۱۵) به ترتیب برابر با ۱۱ و ٦۳ مترمکعب بر تن، در پژوهش مارتا و همکاران (۲۰۱۹) به همان ترتیب برابر با ۱۰۸ و ۱٦۲ مترمکعب بر تن و در پژوهش قلعه‌نو و حکمت‌نیا (۲۰۲۰) مقادیر یادشده با همان ترتیب معادل با ۹۰ و ٤۰ مترمکعب بر تن بوده است (۱۰، ۱۱ و ۱۹). در این بین، مجموع دو جزء آب آبی و آب سبز در پژوهش حاضر، به نتیجه پژوهش قلعه‌نو و حکمت‌نیا (۲۰۲۰)، نزدیک شده است. بررسی‌ها نشان داد که دلیل این موضوع، شرایط اقلیمی مشابه منطقه موردمطالعه (دارای اقلیم فراخشک)، در پژوهش قلعه‌نو و حکمت‌نیا (۲۰۲۰) و تحقیق حاضر بوده است.

بر اساس شکل ۲ و برای محصول گوجه‌فرنگی تحت دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای (به ترتیب در مزارع ۳ و ٤)، هرچند میانگین کلی بالغبر ۲۱±۱٦۰/۲ مترمکعب بر تن بوده است، ولی اختلافی اندک، بالغبر ۳۰ مترمکعب بر تن در مقدار ردپای آب این دو مزرعه ایجاد شده است. برخلاف محصول سیب‌زمینی، مقدار ردپای آب کل برای محصول گوجه‌فرنگی تحت روش آبیاری غرقابی (مزرعه ۳)، کمتر از مقدار آن در روش آبیاری قطره‌ای (مزرعه ٤)، شده است. بررسی بیش‌تر نشان داد که مقدار ردپای آب سفید در مزرعه ۳ حدود ۵ برابر مقدار آن در مزرعه ٤ بوده (به دلیل پایین بودن راندمان آبیاری در مزرعه ۳) و این در حالی است که عملکرد بالای این محصول در مزرعه ۳ (به دلیل استفاده از بذر مرغوب)، باعث پایین آمدن مقدار ردپای آب آبی در مزرعه یادشده گردیده است، بنابراین درمجموع مقدار ردپای آب کل در مزرعه ۳ (تحت روش آبیاری غرقابی)، در قیاس با مقدار آن در مزرعه ٤ (تحت روش آبیاری قطره‌ای)، کم‌تر شده است، بنابراین توجه به روش آبیاری در کنار انتخاب بذر مناسب به‌منظور کاهش ردپای آب دارای اهمیت است. بررسی‌های جنبی نشان داد که راندمان آبیاری در مزرعه ۳ و ٤ به ترتیب برابر با ٤۵ و ۹۱ درصد بوده است.

متوسط اجزای مختلف ردپای آب محصول گوجه‌فرنگی شامل آب آبی، آب سبز، آب سفید و کل ردپای آب به ترتیب معادل با ٦۲±۱۰٦/۷، ٤±۷، ٤٤±٤٦/٤ و ۲۱±۱٦۰/۲ مترمکعب بر تن تعیین گردید. مقادیر اجزای ردپای آب شامل آب آبی، آب سبز، آب سفید و کل ردپای آب در پژوهش اعتدالی و همکاران (۲۰۱۷) به ترتیب برابر با ۱٦٦، ۲۱، ۲۳۳ و ٤۲۰ مترمکعب بر تن بود (۱٤). این در حالی است که این ارقام به همان ترتیب در پژوهش اشک‌تراب و زیبایی (۲۰۲۱)، معادل با ۱٤۵، ۸، ۱۸۵ و ۳۳۸ مترمکعب بر تن بوده است (۷). در میان دو پژوهش مذکور مجموع ردپای آب آبی و آب سبز در پژوهش اشک‌تراب و زیبایی (۲۰۲۱) به نتیجه پژوهش حاضر نزدیک‌تر بوده است. همواره ۲ عامل اساسی شامل ۱- حجم آبیاری (خالص و ناخالص) و ۲- عملکرد محصول، بر مقدار اجزای ردپای آب اثرگذار می‌باشند. عواملی هم‌چون فصل کشت، طول دوره رشد محصول و شرایط اقلیمی در هر منطقه و مقدار بارندگی در میزان تبخیر و تعرق و درنتیجه، حجم آبیاری خالص محصول مدنظر اثرگذار می‌باشند. از طرفی، نوع بذر محصول، برنامه‌های مدیریت زراعی و روش آبیاری در مقدار عملکرد محصول اثرگذار هستند. بنابراین، تفاوت در هر یک از عوامل ذکرشده مستقیماً بر روی مقدار دو عامل اساسی یادشده (حجم آبیاری خالص و عملکرد)، اثرگذار بوده و بنابراین، متفاوت شدن مقادیر ردپای آب آبی و آب سبز در پژوهش حاضر در قیاس با نتایج سایر پژوهش‌ها

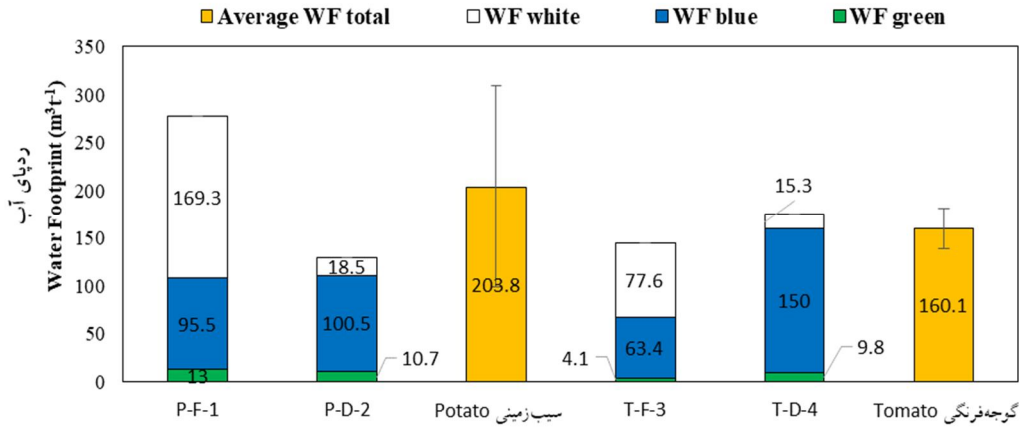
صورت گرفته را توجیه می‌نماید. این در حالی است که تفاوت در عواملی مانند روش آبیاری و راندمان آبیاری، باعث ایجاد اختلاف در حجم آبیاری ناخالص و به دنبال آن اختلاف در ردپای آب سفید در پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهش‌ها شده است.

جدول ۳- عملکرد، تبخیر و تعرق و نیاز آبیاری محصولات موردمطالعه.

Table 3. Yield, evapotranspiration and irrigation needs of the studied crops.

مزرعه Field	عملکرد** Yield (ton hec^{-1})	تبخیر و تعرق* ET_C (m^3 hec^{-1})	بارندگی مؤثر* P_{eff} (m^3 hec^{-1})	نیاز آبیاری خالص* CWU_{blue} (m^3 hec^{-1})	نیاز آبیاری ناخالص** CWU_{gblue} (m^3 hec^{-1})
P-F-1	40	4340	520	3820	10593
P-D-2	50	5561	534	5027	5952.5
T-F-3	117	7908	484	7424	16498.2
T-D-4	48	7672	473	7199	8407.8

* خروجی نرم‌افزار کراپ‌وات می‌باشد. ** به‌صورت میدانی گردآوری شده است



شکل ۲- اجزای ردپای آب محصولات موردمطالعه به تفکیک روش آبیاری.

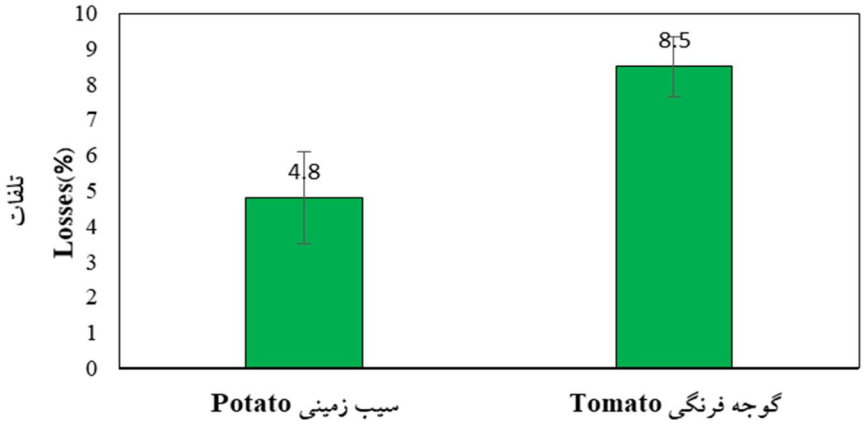
Figure 2. Water footprint components of the studied crops by irrigation method.

بررسی اجزای ردپای آب دو محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی تحت دو روش آبیاری غرقابی و قطره‌ای نشان داد که در روش آبیاری غرقابی همواره ردپای آب سفید و در روش قطره‌ای ردپای آب آبی دارای بیش‌ترین مقدار، در قیاس با سایر اجزای ردپای آب هستند، بنابراین هرگونه اقدامی در جهت کاهش آب سفید در روش غرقابی و کاهش ردپای آب آبی در روش قطره‌ای در مدیریت منابع آب تخصیص‌یافته به بخش کشاورزی دارای اهمیت است.

در پژوهش حاضر، محصولاتی که به دلایل مختلف ازجمله: عدم کیفیت مناسب به‌منظور ارسال برای بازار فروش، آسیب دیدن در هنگام برداشت، جا ماندن محصول در داخل زمین به دلیل سهل‌انگاری کارگران، رها شدن محصول سر زمین به دلیل عدم وجود بازار مناسب و غیره که در مرحله برداشت از چرخه مصرف خارج شده‌اند، به‌عنوان ضایعات در نظر گرفته شد. در شکل ۳، درصد ضایعات محصولات موردمطالعه با یکدیگر مقایسه شده است.

مطابق این شکل، ضایعات محصول گوجه‌فرنگی به میزان ۷۷ درصد بیش‌تر از محصول سیب‌زمینی بوده است. بررسی مزارع موردمطالعه نشان داد که بخشی از محصول گوجه‌فرنگی، به دلیل عدم وجود بازار مناسب، سر زمین رها شده بود همین موضوع باعث تلفات بیش‌تر محصول مذکور، در قیاس با محصول سیب‌زمینی شده بود. طبق شکل ۳، متوسط درصد ضایعات مرحله برداشت دو محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب معادل با ۱/۳±٤/۸ و ۰/۸±۸/۵ درصد از کل برداشت آن‌ها بوده است. میزان ضایعات مرحله برداشت محصول سیب‌زمینی در پژوهش‌های ناندا و همکاران (۲۰۱۲)، کشاورز و همکاران (۲۰۱٦) و اسپانگ و استیون (۲۰۱۸) به ترتیب معادل با ٦/۷، ۷ و ۵/۹ درصد از کل برداشت محصول یادشده بوده و در این بین، نتیجه پژوهش اسپانگ و همکاران (۲۰۱۸) به نتیجه پژوهش حاضر، نزدیک بوده است (۲۳، ۳۰ و ۳٤). میزان ضایعات مرحله برداشت محصول گوجه‌فرنگی در پژوهش‌های ناندا و همکاران (۲۰۱۲)، کشاورز و همکاران (۲۰۱٦) و کاوه و همکاران (۲۰۱٦) به ترتیب معادل با ۹/۹، ۵ و ۹/۲ درصد از کل برداشت محصول مذکور تعیین شده که در این بین، نتیجه پژوهش کاوه و همکاران (۲۰۱٦) به نتیجه پژوهش حاضر نزدیک بوده است (۲۲، ۲۳ و ۳۰). عواملی مانند نحوه برداشت محصولات، زمان برداشت، نوع ماشین برداشت و غیره، در میزان ضایعات مرحله برداشت محصولات اثرگذار هستند و تفاوت در هر یک از موارد ذکرشده، باعث ایجاد اختلاف در میزان ضایعات مرحله برداشت محصولات موردمطالعه در قیاس با نتیجه سایر پژوهش‌ها می‌گردد.

به کمک تلفات مرحله برداشت (نتیجه پژوهش حاضر)، کل تلفات از مرحله برداشت تا مصرف (نتیجه پژوهش میرمجیدی و همکاران (۲۰۱٦)) و با به‌کارگیری متوسط ردپای آب محصولات موردمطالعه و نیز، تعمیم آن به‌کل تولید سالانه محصولات مذکور در استان اصفهان و کشور (به لحاظ این‌که حدود ۷۵ درصد از سطح کشور دارای اقلیمی نزدیک به اقلیم محدوده طرح هستند)، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات دو محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی محاسبه شده است (۳ و ۲۸). در جدول ٤، متوسط درصد تلفات، ردپای آب کل و میزان تولید سالانه دو محصول مذکور نشان داده‌شده است.



شکل ۳- مقایسه درصد تلفات محصولات موردمطالعه در مرحله برداشت.

Figure 3. Comparison of percentage of losses of studied crops in the harvest stage.

جدول ٤- متوسط درصد تلفات، ردپای آب کل و میزان تولید سالانه به تفکیک محصول.

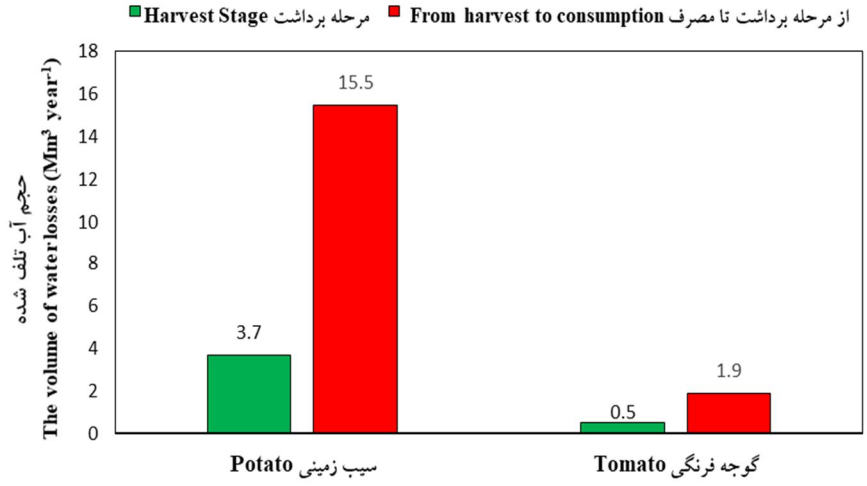
Table 4. Average percentage of losses, total water footprint and annual production by crop.

محصول crop	تلفات Losses (%)		کل تولید Total production (Mm^3 $year^{-1}$)		متوسط ردپای آب کل* Average WF_{total} (m^3 t^{-1})
	برداشت* Harvest	کل (۲۸) Total	اصفهان Isfahan	کشور Country	
سیب‌زمینی Potato	4.8±1.3	20	0.38	5.14	203.8±105
گوجه‌فرنگی Tomato	8.5±0.8	30	0.04	5.67	160.2±21

* بر اساس نتایج طرح حاضر

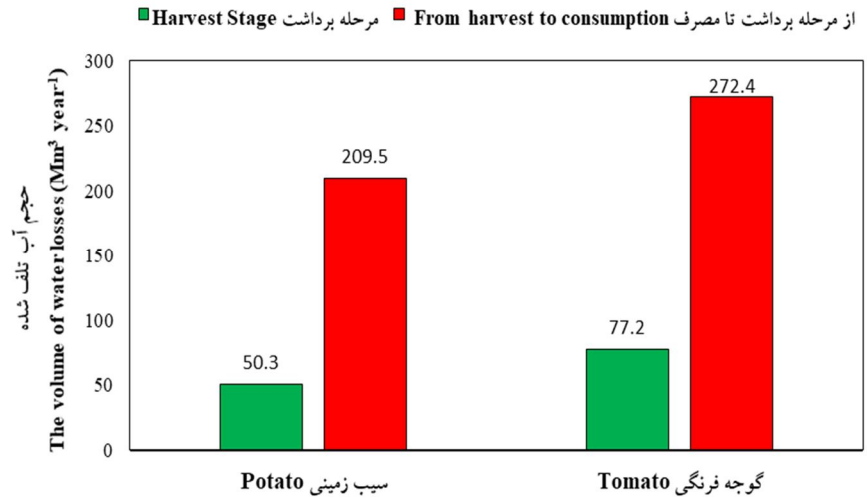
در شکل ٤، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی بر اساس تولید سالانه این دو محصول در استان اصفهان نشان داده‌شده است. بر اساس این شکل، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات دو محصول یادشده (از مرحله برداشت تا مصرف نهایی) برابر با ۱۷/٤ میلیون مترمکعب در سال (حداقل ۱۱/۵ و حداکثر ۲۳/۲ میلیون مترمکعب در سال بسته به روش آبیاری) در اصفهان برآورد می‌شود که ٤/۲ میلیون مترمکعب (حداقل ۲/۹ و حداکثر ۵/۷ میلیون مترمکعب بسته به روش آبیاری) آن متعلق به مرحله برداشت محصول می‌باشد.

ازآن‌جایی‌که بیش از ۷۵ درصد از سطح کشور خشک و فراخشک است و اصفهان نیز یکی از مناطق این اقلیم است، بنابراین می‌توان با تقریب قابل‌قبولی، نتایج را به‌کل کشور نیز تعمیم داد، هرچند این تعمیم با عدم قطعیت همراه است. در شکل ۵، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی بر اساس تولید سالانه آن‌ها در کشور نشان داده‌شده است. مطابق این شکل، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات دو محصول مذکور برابر با ٤۸۲ میلیون مترمکعب در سال (حداقل ۳۸۰/۳ و حداکثر ۵۸۳/٦ میلیون مترمکعب در سال، بسته به روش آبیاری) در کشور برآورد می‌شود که ۱۲۸ میلیون مترمکعب آن (حداقل ۱۰۲ و حداکثر ۱۵۲/۹ میلیون مترمکعب، بسته به روش آبیاری)، تنها در مرحله برداشت تلف می‌گردد. این مقادیر که فقط برای دو محصول برآورد گردید، از نقطه‌نظر مدیریت منابع آب تخصیص‌یافته به بخش کشاورزی، لزوم توجه به کاهش ضایعات محصولات زراعی از مرحله برداشت تا مصرف را باهدف کاهش هدررفت آب، بسیار دارای اهمیت می‌نماید.



شکل ٤- حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات موردمطالعه در استان اصفهان.

Figure 4. Volume of water lost due to crop losses studied in Isfahan province.



شکل ٥- حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات محصولات موردمطالعه در کشور.

Figure 5. Volume of water lost due to crop losses studied in country.

نتیجه‌گیری کلی

متوسط ردپای آب محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب برابر با ۱۰۵±۲۰۳/۸ (حداقل ۱۲۹/۷ و حداکثر ۲۷۷/۸ با توجه به روش آبیاری) و ۲۱±۱٦۰/۲ (حداقل ۱٤٥/۲ و حداکثر ۱۷٥/۲ با توجه به روش آبیاری) مترمکعب بر تن بوده است. این در حالی است که میزان تلفات محصولات مذکور در مرحله برداشت به همان ترتیب برابر با ۱/۳±٤/۸ و ۰/۸±۸/٥ درصد از کل برداشت آن‌ها برآورد شد. بر این اساس و با توجه به تولید سالانه این دو محصول در استان اصفهان و نیز کشور، حجم آب تلف‌شده ناشی از ضایعات این دو محصول در مرحله برداشت برابر با ٤/۲ (حداقل ۲/۹ و حداکثر ٥/۷) و ۱۲۸ (حداقل ۱۰۲ و حداکثر ۱٥۲/۹) میلیون مترمکعب در سال به ترتیب در اصفهان و کشور برآورد گردید. این در حالی است که براساس کل ضایعات این دو

محصول از مرحله برداشت تا مصرف، متوسط حجم آب تلف‌شده ناشی از آن به همان ترتیب برابر با ۱۷/٤ (حداقل ۱۱/۵ و حداکثر ۲۳/۲) و ٤۸۲ حداقل ۳۸۰/۳ و ۵۸۳/٦) میلیون مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود. باید توجه نمود که این ارقام تنها متعلق به تلفات دو محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی است و اگر ضایعات کلیه محصولات زراعی در کشور در نظر گرفته شود، میزان تلفات آب بسیار قابل‌توجه خواهد بود، بنابراین توجه به کاهش ضایعات محصولات زراعی به‌منظور کاهش هدررفت آب در مدیریت منابع آب تخصیص‌یافته به بخش کشاورزی بسیار دارای اهمیت است. به‌منظور کاهش ضایعات محصولات زراعی، لازم است که مسئولین ماشین‌های برداشت را ساماندهی، تجهیز و نوسازی نمایند و شرایط و تسهیلات لازم برای استفاده کشاورزان از ماشین‌آلات مناسب برداشت را فراهم نمایند. با توجه به این‌که بخش اعظمی از تلفات محصول گوجه‌فرنگی در مزارع موردمطالعه به علت نداشتن بازار مناسب برای فروش در هنگام برداشت محصول است، بنابراین لازم است که با تدوین و اعمال استانداردهایی، میزان تقاضا و تولید را هماهنگ نموده تا کشاورز به علت اشباع شدن بازار و پایین آمدن قیمت محصول، مجبور به رها کردن محصول خود به دلیل نداشتن صرفه اقتصادی نشود. لازم است مطالعات بعدی بر روی همه محصولات زراعی و هم سو با رابطه آب، غذا و انرژی در شرایط مختلف اقلیمی انجام شود تا با انجام پژوهش‌های بیش‌تر بر روی هدررفت آب ناشی از ضایعات محصولات زراعی، در مدیریت آب تخصیص‌یافته به بخش کشاورزی موفق‌تر عمل شود.

تقدیر و تشکر

با توجه به معرفی کشاورزان مربوطه برای انجام پژوهش حاضر، توسط جهاد کشاورزی دهستان براآن شمالی، نویسندگان این مقاله نهایت تشکر و قدردانی را از واحد مذکور می‌نمایند.

داده‌ها و اطلاعات

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد استخراج شده است. این پژوهش در زمان ۲۷ بهمن ۱۳۹۸ تا ۲٦ مرداد ۱۳۹۹ در ٤ مزرعه واقع در دهستان براآن شمالی که در شرق اصفهان می‌باشد، انجام شده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در همه مراحل تهیه این اثر علمی مشارکت کامل داشته‌اند.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

نتایج این پژوهش مستخرج از پایان‌نامه دانشجویی است که با حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان انجام شده است.

منابع

1.Ababaei, B., and Ramezani Etedali, H. 2014. Estimation of water footprint components of Iran's wheat production: Comparison of global and national scale estimates. Environmental processes. 1: 3. 193-205.

2.Ababaei, B., and Ramezani Etedali, H. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. Agricultural Water Management. 179: 401-411.

3.Ahmadi, K., Ebad Zadeh, H., Hatami, F., Abd Shah, H., and Kazemian, A. 2019. Agricultural statistics for the 2017-2018 crop year. Agriculture Jihad. 87p. (In Persian)

4.Allen, R., Pereira, L., Raes, D., and Smith, M. 1998. FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 156p.

5.Amini, A., and Mirzaei, M. 2014. Consequences of water deficiency crisis and become dry of Zayande-Roud in rural areas (Case study: Baraan plain in eastern Isfahan). Journal of Community Development. 5: 2. 157-180. (In Persian)

6.Asadi, A., Mohammadi, Y., and Fami, H. 2009. Investigation of the agricultural water management mechanisms in Zarindasht County, Fars Province, Iran. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4: 2. 110-117.

7.Ashktorab, N., and Zibaei, M. 2021. Water Footprint Accounting of the Main Crops in Fars Province. Agricultural Economics Research. 13: 1. 207-234. (In Persian)

8.Ayoubi, S., Jalalian, A., and Givi, J. 2001. Qualitative Land Suitability Evaluation for Important Agricultural Crops of North Baraan Region in Isfahan Province. Journal of Water and Soil Science. 5: 1. 57-76. (In Persian)

9.Chukalla, A.D., Krol, M., 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 sciences. 19: 12. 4877-4891.

10.Dahmarde ghaleno, M., and Hekmatnia, H. 2020. Application of Fairly Ranking Method in Determining the Water Use Efficiency of Agricultural Products under Virtual Water Approach (Case Study: Khash). Iranian Journal of Irrigation & Drainage. 14: 4. 1391-1404. (In Persian)

11.Dalla Marta, A., Baldi, A., Lenzi, A., Lupia, F., Pulighe, G., Santini, E., Orlandini, S., and Altobelli, F. 2019. A methodological approach for assessing the impact of urban agriculture on water resources: a case study for community gardens in Rome (Italy). Agroecology and Sustainable Food Systems. 43: 2. 228-240.

12.Plan and Budget Organization. 2020. Statistical center of iran, https:// www.amar.org.ir.

13.De Miguel, Á., Kallache, M., and García-Calvo, E. 2015. The water footprint of agriculture in Duero River Basin. Sustainability, 7: 6. 6759-6780.

14.Etedali, H., Shokoohi, A., and Mojtabavi, A. 2017. Using the Concept of Virtual Water Footprint in Main Crops Production for Crossing the water crisis in Qazvin. Journal of water and soil. 31: 2. 422-433. (In Persian)

15.Evangelou, E., Tsadilas, C., Tserlikakis, N., Tsitouras, A., and Kyritsis, A. 2016. Water footprint of industrial tomato cultivations in the Pinios river basin: Soil properties interactions. Water. 8: 11. 515-528.

16.FAO. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome. 38p.

17.Ghadami Firouzabadi, A., Seyedan, M., and Dehghanisanij, H. 2019. Water productivity and economic analysis of potato production under sprinkler and furrow irrigation in Bahar plain of Hamedan Province, Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 12: 6. 1407-1417. (In Persian)

18.Ghasemi nejad, M., and Marofi, S. 2011. Study of water use efficiency in the potato farms of Hamedan-Bahar plain. Journal of water sciences and engineering. 1: 1. 87-94. (In Persian)

19. Hess, T., Lennard, A., and Daccache, A. 2015. Comparing local and global water scarcity information in determining the water scarcity footprint of potato cultivation in Great Britain. Journal of Cleaner Production. 87: 666-674.
20. Hoekstra, A.Y., Chapagain, A., Mekonnen, M., and Aldaya, M. 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Earthscan, London, 228p.
21. Karandish, F., and Hoekstra, A.Y. 2017. Informing National Food and Water Security Policy through Water Footprint Assessment: the Case of Iran. Water. 9: 11. 831-856.
22. Kaveh, H., Nemati, H., Vatan Doost, S., and Jalali, T. 2016. Investigation of post-harvest losses of tomatoes produced around Mashhad for consumption in the local market. Journal Karafan. 13: 39. 55. (In Persian)
23. Keshavarz, A., Shariatmadar, M., Khosravi, A., Sheikh Mehrabadi, A., Biki Khoshk, A., Shabani, M., Bakhshayesh, M., Kiyan Pour, R., and Fakari, B. 2016. Estimating the economic value of the lost water due to wastes of agricultural products (irrigated crop and garden) from the harvest to before taking. Journal of Water and Sustainable Development. 3: 1. 73-82. (In Persian)
24. Khoshnoodifar, Z., and Asadi, A. 2011. An Analysis of Wheat Farmers Attitude Toward Wheat waste management in the Markazi province. Journal of Agricultural Extension and Education Research. 3: 4. 43-57. (In Persian)
25. Kummu, M., De Moel, M., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., and Ward, P. 2012. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. Science of the total environment. 438: 477-489.
26. Management and Planning Organization of Isfahan Province. 2020. Deputy of Statistics and Information, https:// stat.mpo-es.ir.
27. Mekonnen, 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: 7. 1259-1276.
28. Mirmajidi Hashtjin, A., Famil Momen, R., and Goodarzi, F. 2016. Post harvest loss reduction: Most important strategic approch in enhancement of food security. Institute of Technical Research and Agricultural Engineering. Karaj. 37p. (In Persian)
29. Mohammad, A., Shahamirian, M., and Olyan Ghiasi, A. 2016. Influence of Irrigation Water on Quality and Quantity of Tomato Yield under Seedling Cultivation. Iranian Journal of Irrigation & Drainage. 10: 2. 177-186. (In Persian)
30. Nanda, S.K., Vishwakarma, R., Bathla, H., Rai, A., and Chandra, P. 2012. Harvest and post harvest losses of major crops and livestock produce in India. All India coordinated research project on post harvest technology. India, pp. 63-74.
31. Ramezani Etedali, H., and Ababaei, B. 2016. Estimation of Water Footprint Components in Barley Production at National and Provincial Scales. Journal of Water Research in Agriculture. 30: 3. 431-443. (In Persian)
32. Salehnia, N., and Bastani, M. 2018. Considering Virtual Water Trade Strategy of Crops and Horticultural Products in Iran. Iranian Journal of Irrigation & Drainage. 11: 5. 750-762. (In Persian)
33. Seyedan, M., Nasseri, A., and Bahramloo, R. 2018. Determination of water productivity (WP) in wheat cultivation with sprinkler irrigation and traditional system in Hamadan province. Iranian Journal of Irrigation & Drainage. 12: 3. 732-743. (In Persian)
34. Spang, E., and Stevens, B. 2018. Estimating the blue water footprint of in-field crop losses: a case study of US potato cultivation. Sustainability. 10: 8. 2854-2871.
35. Taher Ghasemi, M., and Pasban Eslam, B. 2016. Methods of reducing agricultural waste. East Azerbaijan Agricultural Jihad Organization Agricultural Extension Coordination Management Educational Media Office. 78p. (In Persian)

36. Yousefi, H., Mohammadi, A., Noorolahi, Y., and Sadati Nejad, S.J. 2018. Protecting Water Resources of Tehran Province in the view of Agricultural Water Footprint Index, Water and Soil Conservation. 24: 6. 67-85. (In Persian)

37. Zhuo, L., and Hoekstra, A. 2017. The effect of different agricultural management practices on irrigation efficiency, water use efficiency and green and blue water footprint. Frontiers of Agricultural Science and Engineering, 4: 2. 185-194.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 28(2), 2021
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.19044.3450

Estimation of water losses volume due to waste of potato and tomato crops (Case study: Isfahan city fields)

A.H. Attaran[1] and A. Dehnavi[*2]

[1]M.Sc. Graduate of Civil Engineering-Water Resources Management, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran,

[2]Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 04.13.2021; Accepted: 06.04.2021

Abstract

Background and Objectives: The concept of water footprint is used to know the volume of water used in the production of various crops. Considering that the two potato and tomato crops on the country scale, have the highest amount of waste compared to other crops, therefore, in this study, the amount of waste at the harvest stage of these two crops in four farms located in Isfahan and in two Irrigation method was studied and calculated. Finally, using water footprint, the volume of water lost due to waste of the mentioned products was calculated.

Materials and Methods: In the present study, first, the inflow of water to each field was measured and the gross irrigation volume of the crops was estimated using the irrigation program of the relevant fields. Then, using CROPWAT software and climate data of stations close to the study area (east of Isfahan and Kabutarabad), the net irrigation requirement of crops was determined. Then, using the weighing method, the yield of products and the weight of lost crops were determined. Finally, water footprint was calculated for each crop and the volume of water lost due to their waste was estimated.

Results: According to the results of this study, the average losses of potato and tomato crops at the harvest stage are estimated to be 4.8 ± 1.3 and 8.5 ± 0.8 percent of their total harvest, respectively. The total water footprint of potato crop in furrow and drip irrigation method is equal to 277.8 and 129.7 (m^3 ton^{-1}), respectively, while the amount of total water footprint for tomato crop is equal to 145.1 and 175.2 (m^3 ton^{-1}).

Conclusion: Based on the percentage of losses of potato and tomato crops and the average use of their total water footprint and also, according to the annual production of these crops in Isfahan and the country, the average volume of water lost due to waste of these two crops and only at the harvest stage is estimated to be 4.2 (minimum 2.9 and maximum 5.7) and 128 (minimum 102 and 152.9) Mm^3 $year^{-1}$ in Isfahan and the country, respectively. However, based on the total waste of these two crops from harvest to consumption, the average volume of water lost due to them is equal to 17.4 (minimum 11.5 and maximum 23.2) and 482 (minimum 380.3 and maximum 583.6) Mm^3 $year^{-1}$ is estimated, so the management of waste water from crop waste is important in the management of water resources allocated to the agricultural sector.

Keywords: Crops losses, Water footprint, Water losses in agriculture, Water management

* Corresponding Author; Email: a.dehnavi@eng.ui.ac.ir