

## بررسی اثر عوامل جوی و هیدرولیکی بر میزان تلفات تبخیر و باد آبیاش‌های ضربه‌ای در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت

بهاره رستمیان<sup>1</sup> - عیسی معروف‌پور<sup>2\*</sup> - نسیمه آذربو<sup>3</sup> - فروغ فرزنان‌کیا<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 1392/2/12

تاریخ پذیرش: 1393/3/27

### چکیده

درک صحیح از عوامل مؤثر در میزان تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی به منظور ارائه راهکارهایی جهت توسعه و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی حائز اهمیت است. این تحقیق با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر میزان تلفات تبخیر و باد و همچنین ارائه معادلاتی جهت برآورد مقادیر تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک در شرایط مختلف جوی و هیدرولیکی انجام پذیرفت. در این تحقیق آبیاش‌های ZK30، ZM22 و AMBO مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش‌های مربوط به این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در روستای دوشان مطابق با استانداردهای ISO 7749-1 و استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به شماره 3-8895 ISIRI به روش آبیاش منفرد انجام شد. میزان تلفات تبخیر و باد در شرایط مختلف جوی برای فشارهای مختلف اندازه‌گیری گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که در هر سه آبیاش مورد آزمایش، پارامترهای کمبود فشار بخار اشباع محیط و دما بیشترین میزان همبستگی را با تلفات تبخیر و باد دارند و این همبستگی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است. همچنین نتایج نشان داد که همبستگی پارامتر سرعت باد با میزان تلفات در آبیاش‌های ZM22 و ZK30 به ترتیب در سطح احتمال 1 درصد و 5 درصد معنی‌دار، و در آبیاش AMBO فاقد همبستگی معنی‌داری می‌باشد. به طور کلی میزان تلفات تبخیر و باد با افزایش 1 متر بر ثانیه بر سرعت باد به میزان 9/4 درصد افزایش می‌یافت.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاش، سرعت باد، کمبود فشار بخار اشباع محیط، دما، تلفات تبخیر، باد

### مقدمه

قطرات و سرعت باد دارد (9). درک کامل و صحیح در رابطه با تلفات تبخیر در آبیاری بارانی برای توسعه و اتخاذ تدابیر حفظ و نگهداری مناسب آب مهم است (23). تلفات تبخیر و باد بردگی اهمیت عمده‌ای بر روی طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری بارانی در شرایط خشک و نیمه‌خشک دارد (25). تارجلو و همکاران (21) گزارش کردند که تا کنون تحقیقات زیادی در زمینه میزان تلفات باد بردگی و تبخیر در هنگام پخش آب در آبیاری بارانی بر اساس روش‌های مزرعه‌ای، آزمایشگاهی و تحلیلی انجام گرفته است.

به دلیل اینکه این مطالعات به بررسی عوامل مشترک نپرداخته‌اند، معادلاتی مختلف با دقت متفاوت حاصل شده است. میزان این تلفات با توجه به تحقیقات یازار (26)، 2 تا 40 درصد گزارش شده است. بنابراین شناسایی عوامل تأثیرگذار در هر منطقه و تعیین میزان تلفات تبخیر و باد بردگی می‌تواند در کاهش تلفات و بهبود راندمان آبیاری مفید باشد (21). اولین تحقیق در این زمینه در سال 1955 و ادامه آن توسط فراست و شوالن (12) انجام گرفت. این دو محقق نتایج 700 آزمایش خود را که در شرایط مختلف اقلیمی انجام گرفته بود به

در مناطق خشک و نیمه‌خشک عدم تعادل شدیدی بین بارندگی و تبخیر و تعرق وجود دارد. همچنین در این مناطق رقابت شدیدی بین تقاضای آب کشاورزی، صنعتی و بخش‌های آب شهری که اهمیت مهمی دارند وجود دارد (8). لذا استفاده بهینه از منابع آب در این مناطق یک ضرورت است. آبیاری بارانی از جمله سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌باشد، که به عنوان یک سیستم آبیاری با پتانسیل به دست آوردن راندمان بالا مطرح است (6). اما در آبیاری بارانی به همراه سایر تلفات آبی، بخشی از آب پخش شده توسط آبیاش‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی نیز از دسترس گیاه خارج می‌شود. این بخش تحت عنوان تلفات باد بردگی و تبخیر شناخته می‌شود (19) تلفات تبخیر و باد بستگی به رطوبت نسبی هوا، دمای هوا و آب، اندازه

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانش‌آموزخه کارشناسی ارشد، دانشیار و دانش‌آموزخگان کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه کردستان  
\* - نویسنده مسئول: (Email: isamarofpoor@yahoo.com)

سطح زمین و در نتیجه طولانی‌تر شدن مسیر قطره و مدت زمان قرار گرفتن بیشتری در معرض باد، باعث افزایش تلفات تبخیر و بادبردگی می‌شود. پلایان و همکاران (18) گزارش کردند که سرعت باد مهم‌ترین عامل بر تلفات تبخیر و باد است.

شیخ‌اسماعیلی (4) در تحقیقات خود بر روی رابطه تلفات تبخیر و باد با پارامترهای جوی و هیدرولیکی دریافت که سرعت باد، درجه حرارت هوا و کمبود فشار بخار اشباع محیط از مهم‌ترین پارامترهای جوی مؤثر بر میزان تلفات تبخیر و باد می‌باشد. باوی (1) و رحمت‌آبادی (2) نشان دادند که کمبود فشار بخار اشباع محیط و سرعت باد از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تلفات تبخیر و باد هستند و نسبت به سایر پارامترهای جوی همبستگی بیشتری با میزان تلفات تبخیر و باد ایجاد می‌کنند. عرفانیان و همکاران (5) گزارش کردند که در مناطق بادخیز به منظور کاهش تلفات تبخیر و بادبردگی، از فشار کارکرد بالا و در نهایت قطرات ریز پخش آب خودداری شود. همچنین جهت کاهش تلفات تبخیر و بادبردگی در شرایطی که سرعت باد از 4/5 متر بر ثانیه تجاوز می‌کند، از به کارگیری سیستم آبیاری بارانی اجتناب شود و یا زمان کار سیستم به شب موکول شود. آنان همچنین پس از بررسی و تحقیق به این نتیجه رسیدند که با افزایش کمبود فشار بخار اشباع تلفات افزایش می‌یابد.

پلایان و همکاران (19) عوامل به کار گرفته شده جهت برآورد میزان تلفات تبخیر و بادبردگی، در برخی از مهم‌ترین مدل‌های پیشنهادی محققان مختلف را به صورت جدول 1 ارائه نمودند.

صورت یک نمودار ارائه دادند. با استفاده از این نمودار درصد تلفات آب به‌عنوان تابعی از مشخصات آبیاری، خصوصیات آب و هوایی محیط برآورد می‌شود. تریمر (22)، روی نمودار فراست و شوالن تجزیه و تحلیل‌های زیادی به‌عمل آورد و معادله زیر را معرفی نمود.

$$L_s = [1.98D^{-0.72} + 0.22(e_s - e_a)^{0.63} + 3.6 \times 10^{-4} P_a^{1.16} + 0.14W^{0.7}]^{4.2} \quad (1)$$

در این رابطه  $L_s$ ، تلفات تبخیر و باد (درصد)،  $D$ ، اندازه قطر نازل (میلی‌متر)،  $W$ ، سرعت باد در ارتفاع 2 متری (متر بر ثانیه)،  $(e_s - e_a)$ ، کمبود فشار بخار اشباع محیط (کیلو پاسکال) و  $P_a$ ، فشار متوسط سر آبیاری (کیلو پاسکال) می‌باشد. کلا و بلیسنر (15) اندازه ذرات آب را یکی از عوامل مؤثر در میزان تلفات بادبردگی و تبخیر دانسته‌اند. مونترو و همکاران (16) با در نظر گرفتن تیمارهای مختلف نظیر نوع آبیاری، اندازه و تعداد نازل‌ها، فشار آب و ارتفاع پایه آبیاری با استقرارهای متفاوت آبیاری‌ها و شرایط مختلف جوی، سرعت باد و کمبود فشار بخار اشباع محیط را از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تلفات تبخیر و باد دانستند. تارجلو و همکاران (21) گزارش کردند که عوامل فشار کارکرد آبیاری، رطوبت هوا و سرعت باد، بر تلفات تبخیر و باد مؤثر است. مونترو و همکاران (17) بیان کردند که درشت مقاومت بیشتری در برابر حرکت توده هوا از خود نشان می‌دهند. مطابق این مطلب، این قطرات اثر کمتری بر تلفات تبخیر و بادبردگی دارند. با افزایش فشار کارکرد، قطر قطرات کاهش پیدا می‌کند و باعث افزایش تلفات تبخیر و بادبردگی می‌شود. دجمی و همکاران (11) گزارش کردند که افزایش ارتفاع نازل از

جدول 1- عوامل مؤثر بر تلفات تبخیر و بادبردگی از نظر محققین مختلف (پلایان و همکاران، 2005)

نام محققان	متغیرهای هواشناسی					متغیرهای سیستم آبیاری				
	RH	$(e_s - e_a)$	R	$ET_0$	T	U	P	h	$D_{drop}$	$D_{nozzle}$
فراست و شوالن	-	+			+	+	+			-
سگینر	-		+		+	+				
هرمسمایر	-				+	+		+		
یازار		+			+	+				
ادلینگ					+	+		+		
تریمر		+			+	+				-
کلا و بلیسنر					+	+				-
فاسی و برکرو <sup>1</sup>					+					
تارچوللو	-				+	+				-
سیلوا و جیمز	-				+	+				
مونترو		+			+	+				
تارچوللو و همکاران		+			+	+		+		-
فاسی و همکاران					+	+				-
پلایان و همکاران					+					

1- Faci and Bercero (1991)

110 میلی‌متر انشعاب گرفته شد. بر روی لوله کنارگذر یک لوله اصلی به طول 120 متر از جنس پلی‌اتیلن به قطر 50 میلی‌متر متصل شد. انتهای لوله با یک درپوش از جنس پلی‌اتیلن مسدود گردید. در فاصله 2 متری از انتهای لوله، انشعاب لازم به وسیله کمربند و شیر خودکار 2 اینچی جهت نصب پایه آبیاش گرفته شد. در این سیستم جهت اندازه‌گیری دبی از یک دستگاه کنتور حجمی در انتهای لوله اصلی و نرسیده به آبیاش استفاده شد. همچنین برای قرائت فشار از سه دستگاه فشارسنج، اولی در ابتدای لوله اصلی نزدیک لوله کنارگذر، دومی بر روی لوله اصلی بعد از کنتور حجمی و نرسیده به آبیاش و سومی بر روی پایه آبیاش استفاده گردید. نقطه کار پمپ و یا به عبارتی فشار کارکرد آبیاش از طریق یک دستگاه شیر پروانه‌ای که بر روی لوله کنارگذر قرار داشت تنظیم می‌شد و آب مازاد بر نیاز آبیاش از طریق لوله کنارگذر به استخر ذخیره آب برگردانده می‌شد. آزمایش‌ها در این تحقیق بر اساس استاندارد ISO 7749-1 و استاندارد (ISIR) 8995-3-3 مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به روش آبیاش منفرد انجام شد. نقطه قرارگیری آبیاش به عنوان نقطه مبنا در نظر گرفته شد و بر اساس آن اقدام به شبکه‌بندی گردید. به این ترتیب که آبیاش در مرکز یک شبکه 3×3 متری قرار گرفت. با توجه به حداکثر شعاع پاشش آبیاش در تیمارهای فشار مورد نظر، شبکه دارای 360 نقطه اندازه‌گیری بود. ظروف جمع‌کننده آب، ظرف‌های فلزی با قطر 80 میلی‌متر و ارتفاع 90 میلی‌متر بود. برای اندازه‌گیری حجم آب ظروف از استوانه مدرج استفاده شد. پارامترهای هواشناسی به وسیله یک بادسنج فنجانی دستی و یک دستگاه دما و رطوبت سنچ TESTO 615 اندازه‌گیری شد و همچنین برای اطمینان بیشتر، مقادیر اندازه‌گیری شده با آمار هواشناسی فرودگاه سنندج واقع در 2 کیلومتری محل انجام آزمایش‌ها تطبیق داده شد. عوامل جوی شامل سرعت باد، کمبود فشار بخار اشیاع محیط، رطوبت نسبی و دما و همچنین فشار کارکرد آبیاش به عنوان تیمارهای مورد آزمایش در نظر گرفته شدند. سرعت باد با استفاده از نشریه 281 به رنج‌های 0-1/8، 1/8-4/5، 4/5-6/7 و 6/7-9 متر بر ثانیه تقسیم شد که به ترتیب بیانگر بادهای آرام، ملایم، تند و بسیار تند می‌باشند (3). نوع باد غالب منطقه از نوع آرام و ملایم بود. برای اندازه‌گیری میزان تلفات تبخیر و باد از معادله زیر استفاده گردید (11).

$$L_s = \frac{9 \sum_{i=1}^n Z_i - \text{حجم آب خارج شده از آبیاش}}{\text{حجم آب خارج شده از آبیاش}} \quad (2)$$

که در این معادله،  $L_s$ : تلفات تبخیر و بادبردگی (درصد)،  $Z_i$ : عمق آب جمع شده در قوطی  $i$  ام (متر) و 9= سطح زمین معرف هر قوطی (متر مربع) می‌باشد.

یاکوبی و همکاران (24) بیان کردند که تلفات تبخیر و بادبردگی بالغ بر 24 درصد آب سالانه به کاربرده شده برای محصول گوجه فرنگی را در قسمت شمالی تونس به خود اختصاص می‌دهد. آن‌ها با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی شده تأیید کردند که آبیاری در شب تلفات آب را تقلیل می‌دهد. یاکوبی و همکاران (25) گزارش کردند که وقتی سرعت باد از 4 m/s فراتر رود آبیاری بارانی متوقف شود و به علاوه سرعت باد و رطوبت نسبی، از مهم‌ترین و مؤثرترین پارامترهایی هستند که بر تلفات تبخیر و بادبردگی تأثیر می‌گذارند. سانچز و همکاران (20) گزارش کردند که سرعت باد و دما از اصلی‌ترین فاکتورهای مؤثر بر تلفات تبخیر و باد هستند.

همانطور که گزارش شد، تحقیقات فراوانی در خصوص میزان تلفات تبخیر و باد و عوامل مؤثر بر آن انجام شده است. یکی از عوامل مهم دیگر مؤثر بر میزان تلفات تبخیر و باد، عامل سیستمی از جمله ساختمان مهندسی آبیاش می‌باشد که در ترکیب با عوامل جوی و هیدرولیکی، میزان نهایی تلفات تبخیر و باد را رقم می‌زند. آبیاش‌های AMBO، ZM22 و ZK30 از جمله آبیاش‌های ضربه‌ای کشاورزی می‌باشند که در استان‌های زیادی از جمله استان کردستان فراوان مورد استفاده قرار می‌گیرد. تاکنون هیچ‌گونه گزارشی از عملکرد هیدرولیکی این آبیاش‌ها در شرایط‌های متفاوت جوی و هیدرولیکی گزارش نشده است. این تحقیق به بررسی اثر عوامل جوی و هیدرولیکی بر میزان تلفات تبخیر و باد آبیاش‌های مذکور می‌پردازد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه آزمایشی دانشگاه کردستان واقع در روستای دوشان از توابع شهرستان سنندج انجام شد. با توجه به اطلاعات ارائه شده از سوی کارخانه سازنده آبیاش‌ها، آزمایش‌ها در 4 فشار مختلف که در دامنه فشارهای پیشنهادی کارخانه سازنده می‌باشد انجام گرفت. آزمایش‌ها بر روی آبیاش‌های، ZK30 ساخت کارخانه پروت آلمان با دو نازل به قطرهای 8 و 3/5 میلی‌متر، ZM22 ساخت کارخانه پروت آلمان با دو نازل 10 و 3/5 میلی‌متر و AMBO ساخت شرکت سیم ایتالیا با نازل‌های 10 و 7 میلی‌متر در فشارهای 3، 3/5، 4 و 4/5 بار انجام شد. نازل‌های انتخابی از رایج‌ترین نازل‌های مورد استفاده در آبیاش‌های مذکور هستند. در مجموع 129 آزمایش برای هر سه آبیاش در چهار فشار انتخابی انجام شد. البته باید توجه داشت که آبیاش‌های ZK30 و ZM22 آبیاش‌های تک نازل هستند و در ایران از نوع دو نازل آن‌ها استفاده می‌شود، و فقط کاتالوگ تک نازل آن‌ها موجود می‌باشد. برای انجام این تحقیق از یک دستگاه الکتروپمپ WKL80 موجود جهت تأمین فشار مورد نیاز سیستم استفاده گردید. از لوله رانش پمپ یک لوله بای‌پس (کنارگذر) به قطر

جدول 2- میزان همبستگی پارامترهای جوی و هیدرولیکی با تلفات تبخیر و بادبردگی (آپاش‌های ZK30، ZM22 و AMBO)

ضرایب همبستگی بین پارامترهای مختلف و تلفات تبخیر و باد			پارامترهای مؤثر بر تلفات تبخیر و باد
Ambo	ZM22	ZK30	
0/834**	0/558**	0/728**	کمبود فشار بخار اشباع محیط
0/214 <sup>ns</sup>	0/633**	0/396*	سرعت باد
0/165 <sup>ns</sup>	0/336*	0/086 <sup>ns</sup>	فشار آپاش
-0/522**	-0/28 <sup>ns</sup>	-0/436**	رطوبت نسبی
0/827**	0/64**	0/755**	دما

n.s.، \* و \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم همبستگی معنی‌دار، همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و 1 درصد می‌باشد.

تبخیر و باد است، در آپاش ZM22 در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار است. به عبارتی در یک نگاه کلی، در شرایط جوی و هیدرولیکی آزمایش، عملکرد آپاش‌های ZK30 و AMBO مشابه هم و متفاوت از آپاش ZM22 است. میزان تغییرات پارامترها در شرایط آزمایش عامل اصلی نقش آن در میزان تلفات تبخیر و باد است. مثلاً در تحقیق حاضری به دلیل اینکه سرعت باد غالب منطقه مورد مطالعه در رنج اول (0-1/8 m/s) و رنج دوم (1/8-4/5 m/s) یعنی به طور کلی کمتر از 4/5 متر بر ثانیه می‌باشد اثر کمتری نسبت به فاکتور کمبود فشار بخار اشباع محیط و دما گذاشته است. در صورتی که سانچز و همکاران (20) گزارش کردند که سرعت باد، و دما از اصلی‌ترین فاکتورهای مؤثر بر تلفات تبخیر و باد است. اما بوی (1) و رحمت‌آبادی (2) نشان دادند که کمبود فشار بخار اشباع محیط و سرعت باد از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تلفات تبخیر و باد هستند و نسبت به سایر پارامترهای جوی همبستگی بیشتری با میزان تلفات تبخیر و باد ایجاد می‌کنند. نکته دیگری که حائز اهمیت است قطر نازل آپاش‌ها است. مثلاً در آپاش AMBO که سرعت باد تأثیر خیلی کمتری بر تلفات تبخیر و باد نسبت به دو آپاش دیگر (ZK30 و ZM22) گذاشته است می‌توان گفت که قطر قطرات این آپاش با توجه به قطر نازل‌هایش بزرگتر از قطر قطرات دو آپاش دیگر می‌باشد. مونتر و همکاران (17) بیان کردند که قطرات درشت مقاومت بیشتری در برابر حرکت توده هوا از خود نشان می‌دهند. ساختمان مهندسی آپاش از دیگر عوامل مؤثر بر میزان همبستگی پارامترهای جوی و هیدرولیکی با تلفات تبخیر و باد می‌باشد. این عامل می‌تواند یکی از دلایل اختلاف عملکرد آپاش ZM22 با آپاش‌های دیگر باشد. به منظور رابطه بین پارامترهای جوی و هیدرولیکی با میزان تلفات تبخیر و باد، از فرم معادله جهانی تریمر استفاده شد. با توجه به ثابت بودن مقادیر قطر نازل‌ها برای هر کدام از آپاش‌ها در تمامی آزمایش‌ها، اثر آنها به صورت مقدار ثابت لحاظ گردید. شایان ذکر است که فرم‌های دیگر معادلات نیز مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین ضریب تبیین معادلات مربوط به فرم معادله تریمر بود. رابطه‌های 3، 4 و 5 به ترتیب معادله‌های برآورد تلفات

در ارزیابی تلفات تبخیر و باد با توجه به عدم یکنواختی تکرارها در تیمارهای مختلف، تعیین رابطه بین متغیرهای مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS16 و Excel 2007 انجام شد.

## نتایج و بحث

در مدت زمان انجام آزمایشات، سرعت باد در محدوده صفر تا 6 متر بر ثانیه، درجه حرارت محیط در محدوده 20 تا 40 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی در محدوده 5 تا 36 درصد و کمبود فشار بخار اشباع در محدوده 2 تا 6/5 کیلوپاسکال بود. بر همین اساس کمترین و بیشترین میزان تلفات تبخیر و باد اندازه‌گیری شده در شرایط مذکور، به ترتیب برای آپاش ZK30، 14/55 و 37/61 درصد، برای آپاش ZM22، 5/54 و 37/52 درصد و برای آپاش AMBO، 8/24 و 33/74 درصد به دست آمد در جدول 2 میزان همبستگی پارامترهای سرعت باد، دما، رطوبت نسبی، کمبود فشار بخار اشباع و فشار کارکرد آپاش با میزان تلفات تبخیر و باد برای هر سه آپاش مورد آزمایش ارائه شده است.

از جدول 2 ملاحظه می‌شود که در هر سه آپاش مورد آزمایش، پارامترهای کمبود فشار بخار اشباع محیط و دما بیشترین میزان همبستگی را با تلفات تبخیر و باد دارند و این همبستگی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است. پارامتر رطوبت نسبی در هر سه آپاش رابطه معکوس با میزان تلفات تبخیر و باد دارد که در دو آپاش ZK30 و AMBO این همبستگی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بوده و بعد از پارامترهای کمبود فشار بخار اشباع محیط و دما قرار می‌گیرد. در آپاش ZM22 این پارامتر همبستگی معنی‌داری با تلفات تبخیر و باد ندارد. همبستگی پارامتر سرعت باد که در آپاش‌های ZK30 و AMBO به ترتیب در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار و یا فاقد همبستگی معنی‌داری می‌باشد در آپاش ZM22 در رتبه اول همراه با دما و همبستگی آن با تلفات تبخیر و باد در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین پارامتر فشار کارکرد آپاش، که در آپاش‌های ZK30 و AMBO فاقد همبستگی معنی‌دار با تلفات

محدوده 0/5 تا 0/8 تغییر می‌کند.

شکل‌های (1-الف)، (1-ب) و (1-ج) و معادله‌های 7، 8 و 9 به ترتیب تغییرات تلفات تبخیر و باد نسبت به سرعت باد را برای آبیاش‌های ZK30، ZM22 و هر سه آبیاش نشان می‌دهند.

$$L_s = -1.511w^2 + 12.60w + 7.165 \quad (R^2 = 0.611) \quad (7)$$

$$L_s = -0.096W^2 + 3.955W + 15 \quad (R^2 = 0.68) \quad (8)$$

$$L_s = -0.522W^2 + 6.412W + 13.85 \quad (R^2 = 0.55) \quad (9)$$

در این روابط  $L_s$  میزان تلفات تبخیر و باد بر حسب درصد و  $W$  سرعت باد در ارتفاع دو متری سطح زمین بر حسب متر بر ثانیه است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، ضریب تبیین معادلات 3، 4، 5 و 6 از ضریب تبیین معادلات 7، 8 و 9 بالاتر می‌باشد و این بیانگر این موضوع است که بهترین فرم معادله مربوط به فرم کلی برگرفته از معادله تریمر بود. همچنین ملاحظه می‌شود که مناسب‌ترین فرم معادله بین میزان تلفات تبخیر و باد و سرعت باد در منطقه، معادله درجه دو می‌باشد که ضریب تبیین معادله کل در حدود 0/55 می‌باشد.

تبخیر و باد برای هریک از آبیاش‌ها ZK30، ZM22 و AMBO و معادله 6 برگرفته از نتایج هر سه آبیاش می‌باشد

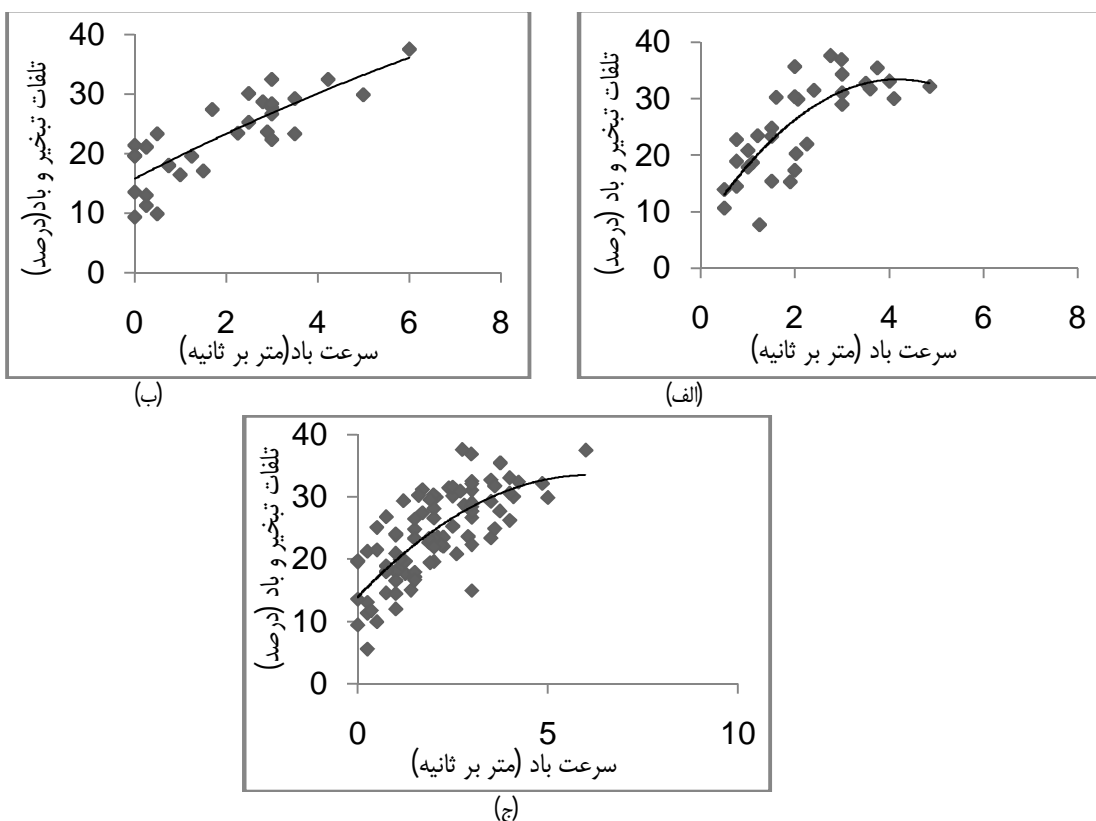
$$L_s = 4.609 \times (e_s - e_a)^{0.978} + 0.274 \times W^{1.245} + 0.156 \times p^{0.669} + 0.1 \quad (R^2 = 0.58) \quad (3)$$

$$L_s = 4.03 \times (e_s - e_a)^{0.988} + 0.14 \times W^{1.98} + 0.003 \times p^{1.283} + 1.2 \quad (R^2 = 0.755) \quad (4)$$

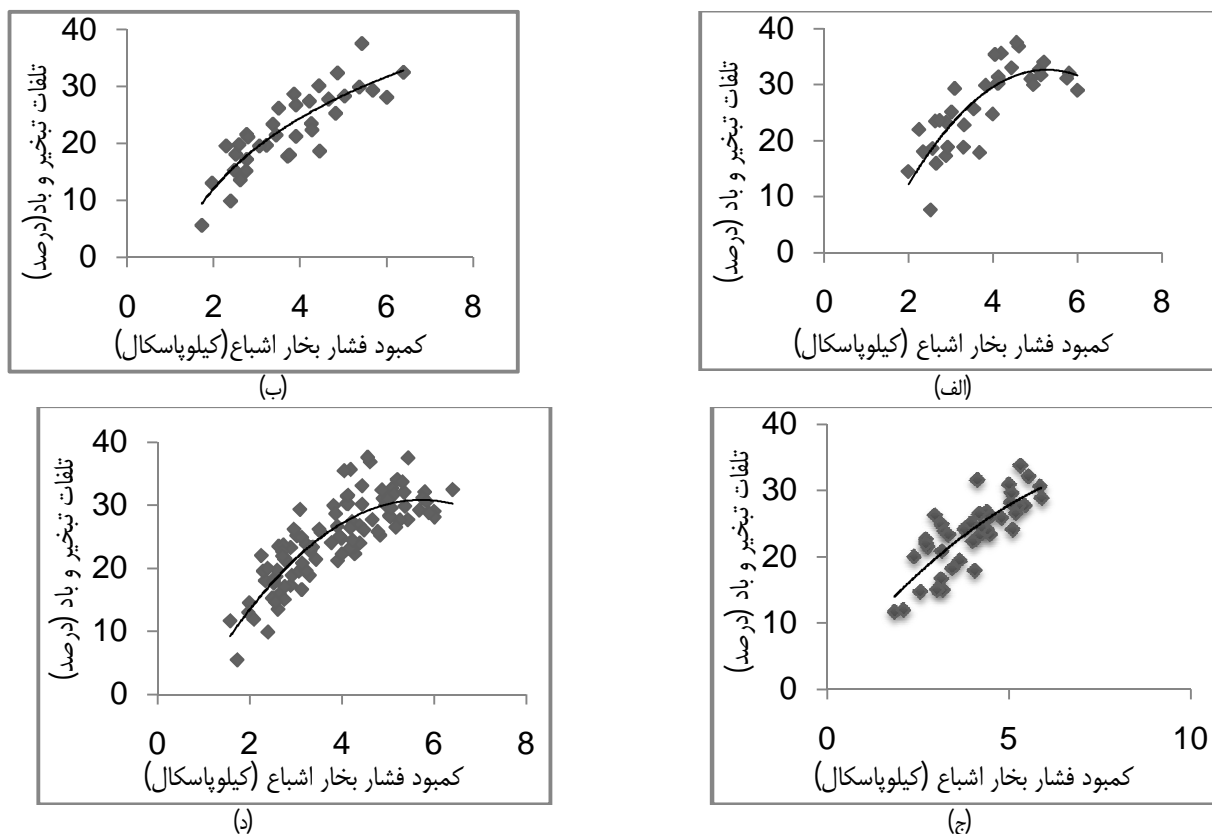
$$L_s = 3.408 \times (e_s - e_a)^{1.05} + 0.262 \times p^{0.263} + 0.1 \times W^{2.273} + 7.32 \quad (R^2 = 0.75) \quad (5)$$

$$L_s = 3.553 \times (e_s - e_a)^{0.97} + 0.19 \times p^{0.64} + 0.14 \times W^{2.071} + 1 \quad (R^2 = 0.505) \quad (6)$$

همانگونه که ملاحظه می‌شود ضریب تبیین معادلات مذکور در



شکل 1- اثر سرعت باد بر میزان تلفات تبخیر و باد (الف-آبیاش ZK30، ب- آبیاش ZM22 ج- هر سه آبیاش)



شکل 2- اثر تغییرات کمبود فشار بخار اشباع بر تلفات تبخیر و باد (الف-آپاش ZK30، ب-آپاش ZM22، ج-آپاش AMBO و د-هرسه آپاش)

و  $(e_s - e_a)$  کمبود فشار بخار اشباع برحسب کیلوپاسکال است. مناسب‌ترین فرم معادله بین تلفات تبخیر و باد با کمبود فشار بخار محیط، نیز معادله درجه دوم می‌باشد. ضریب  $R^2$  معادله مذکور 0/71 است که بیانگر همبستگی بیشتر، نسبت به پارامتر سرعت باد موجود در منطقه است.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق میزان تلفات تبخیر و باد و عوامل مؤثر بر آن در شرایط جوی و هیدرولیکی متفاوت مورد آزمون قرار گرفت و نتایج نشان داد که پارامتر کمبود فشار بخار اشباع محیط و دما بیشترین میزان همبستگی را با تلفات تبخیر و باد دارند. رطوبت نسبی در هر سه آپاش رابطه معکوس با میزان تلفات تبخیر و باد دارد که در دو آپاش ZK30 و AMBO این همبستگی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بوده و در آپاش ZM22 این پارامتر همبستگی معنی‌دار با تلفات تبخیر و باد ندارد. فشار کارکرد آپاش، که در آپاش‌های ZK30 و AMBO فاقد همبستگی معنی‌دار با تلفات تبخیر و باد است، در آپاش ZM22 در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار است.

کم بودن ضریب تبیین معادله کل بیانگر میزان همبستگی تلفات تبخیر و باد منطقه با سرعت باد موجود در منطقه می‌باشد، که با نتایج جدول 2 مطابقت دارد. با توجه به شکل (1-ج) و معادله 9 تلفات تبخیر و باد با افزایش یک متر بر ثانیه به مقدار سرعت باد به میزان 9/4 درصد افزایش می‌یابد. نقاط با فاصله زیاد از خط برازش داده شده در شکل ناشی از تأثیر سایر عوامل جوی و هیدرولیکی می‌باشد.

شکل‌های (2-الف)، (2-ب)، (2-ج) و (2-د) و معادله‌های 10، 11، 12 و 13 به ترتیب تغییرات تلفات تبخیر و باد نسبت به کمبود فشار بخار اشباع را برای آپاش‌های ZK30، ZM22، AMBO و هر سه آپاش نشان می‌دهند.

$$L_s = -1.913(e_s - e_a)^2 + 20.14(e_s - e_a) - 20.31 \quad (R^2 = 0.673) \quad (10)$$

$$L_s = 17.985 \ln(e_s - e_a) - 0.5379 \quad (R^2 = 0.734) \quad (11)$$

$$L_s = -0.3492(e_s - e_a)^2 + 6.7761(e_s - e_a) + 2.6 \quad (R^2 = 0.64) \quad (12)$$

$$L_s = -1.264(e_s - e_a)^2 + 14.45(e_s - e_a) - 10.41 \quad (R^2 = 0.71) \quad (13)$$

در این روابط  $L_s$  میزان تلفات تبخیر و باد بر حسب درصد

## منابع

- 1- باوی ع. 1384. "بررسی تأثیر باد و درجه حرارت بر یکنواختی توزیع و تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش ژاله 3 در منطقه امیدیه". پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات اهواز.
- 2- رحمت‌آبادی و. 1389. "بررسی تلفات تبخیر و باد و ضریب یکنواختی توزیع آبیاش 25° ADF در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک". پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 3- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی). 1383. "ضوابط و معیارهای آبیاری تحت فشار (نشریه شماره 286)". انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- 4- شیخ اسماعیلی ا. 1382. بررسی یکنواختی توزیع آب و تلفات تبخیر و باد در سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک A-D-5. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 5- رفانیان م، علیزاده ا، موسوی بایگی م، انصاری ح. و باغانی ج. 1387 " مطالعه پتانسیل اثرات تبخیر و بادبردگی بر کارایی سیستم‌های آبیاری بارانی در دشتهای کشاورزی خراسان رضوی، شمالی و جنوبی." مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه آب و خاک، جلد 22، شماره 1.
- 6- علیزاده ا. 1385. طراحی سیستم‌های آبیاری. جلد دوم، طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. انتشارات دانشگاه امام رضا.
- 7- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران " ماشین‌های کشاورزی - تجهیزات آبیاری - آبیاش‌ها - قسمت سوم: مشخصه‌های توزیع و روش‌های آزمون". استاندارد ملی ایران (ISIRI) 3-8995 چاپ اول.
- 8- Abu-Zeid M. and Hamdy A. 2008. "Coping with Water Scarcity in Arab World," The 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments and the 1st Arab Water Forum, p. 26.
- 9- Alnaizy R. and Simonet D. 2012. Analysis of Water Evaporation and Drift Losses During Irrigation in Semi-arid Areas of Sharjah (UAE) and Riyadh (KSA). Natural Resources Research, Vol. No. 12.
- 10- Dechmi F., Playan E., Faci M., Tejero M. and Bercero A. 2003. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain. *Agricultural water management*, 61(1): 93-109.
- 11- Dechmi F., Playan E., Cavero J., Faci J.M. and Martinez- Cob A. 2003a. Wind effects on solid set sprinkler irrigation depth and corn yield. *Irrig. Sci.* 22 (2), 67-77.
- 12- Frost K.R. and Schwalon H.C. 1955. "Sprinkler evaporation losses". *Agric. Eng.*
- 13- ISO-7749/1. 1986. Part 1. "Uniformity of distribution and test methods". *Agricultural irrigation equipment- Rotating sprinklers.*
- 14- ISO-7749/2. 1990. Part 2. "Uniformity of distribution and test methods". *Agricultural irrigation equipment- Rotating sprinklers.*
- 15- Keller J. and Bliesner R.D. 1990. "Sprinkler and Trickle Irrigation". AVI Book. Van Nostrand Reinhold. New York, USA.
- 16- Montero J., Tarjuelo J.M., Ortega J.F. and De Juan J.A. 2000. "Modeling evaporation and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semiarid conditions". *Agric. wat. manag.* 43, PP 263\_284.
- 17- Montero J., Tarjuelo J.M. and Carrion P. 2003. Sprinkler droplet size distribution measured with an optical spectrophluviometer. *Irrig. Sci.* 22 (2), 47-56.
- 18- Playan E., Garrido S., Faci J.M. and Galan A. 2004. Characterizig pivot sprinklers using and experimental irrigation machine. *Agric. Water Manage.* 70 (30), 177-193.
- 19- Playan E., Salvador R., Faci J.M., Zapata N., Martinez-Cob A. and Sanchez I. 2005. "Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals". *Agric. Water Manage.* 76 (2005) 139-159.
- 20- Sanchez I., Fasi J.M. and Zapata N. 2011. The effects of pressure, nazzle diameter and meteorological condition on the performance of agricultural impact sprinklers. *Agricultural Water Management* 102 (2011) 13-24.
- 21- Tarjuelo J.M., Ortega J.F., Montero J. and De Juan J.A. 1999. "Modeling evaporations and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semi-arid condition". *Agric Water Management*, pp 263-284.
- 22- Trimmer W.L. 1987. "Sprinkler evaporation losses equation". *ASCE. Journal of Irrigation and Drainage Engineering.* 113(4), PP 616-620.
- 23- Uddin J., Smith R., Hancock N. and Foley J. 2010. " Droplet evaporation losses during sprinkler irrigation: an overview" NCEA, University of Southern Queensland, Toowoomba, Qld 4350, Australia.
- 24- Yacoubi S., Zayani K., Zapata N., Zairi A., Slatni A., Salvador R. and Playan E. 2010. "Day and Night Time Sprinkler Irrigated Tomato: Irrigation Performance and Crop Yield," *Biosystems Engineering*, Vol. 107, No. 1, 2010, pp. 25-35.

- 25- Yacoubi S., Zayani K., Slatni A. and Playan E. 2012. "Assessing Sprinkler Irrigation Performance Using Field Evaluations at the Medjerda Lower Valley of Tunisia" Engineering, No. 4, 2012, pp. 682-691.
- 26- Yazar A. 1984. "Evaporation and drift losses from sprinkler irrigation system under various operating conditions". Agric.wat. manage. 8,439\_449.





## Investigation of The Effect Hydraulic and Atmospheric Factors on the Evaporation and Wind Draft Losses in The Fixed Head Sprinkle Irrigation System

B. Rostamian<sup>1</sup> - E. Maroufpoor<sup>2\*</sup> - N. Azarboo<sup>3</sup> - F. Farzankia<sup>4</sup>

Received: 02-05-2013

Accepted: 17-06-2014

### Abstract

Correct understanding of the factors affecting the rate of evaporation and wind draft losses on sprinkler irrigation systems is important in order to provide guidelines for the development and utilization of water resources. This study was performed to identify the factors affecting the rate of evaporation and wind draft losses and also equations presents for estimating of evaporation and wind draft losses on the fixed head sprinkler irrigation systems, under various conditions of hydraulic and atmospheric. In this study sprinklers of ZK30, ZM22 and AMBO was used. The tests were carried out at the University of Kurdistan research farm located in the village of Doshan with single sprinkler method Accordance with the ISO 7749-1 and ISIRI 8995-3 standards. Evaporation and wind draft Losses were measured at different applied pressures under various conditions of atmospheric. The results showed that parameters of vapor pressure deficit and temperatures had the highest correlation with evaporation and wind draft losses in all three types of sprinklers, and this correlation is significant at the 1% probability level. Also results showed that the correlation between wind velocity and losses is in sprinklers of ZM22 and ZK30 significant at the 1% and 5% probability level respectively and in the sprinkler AMBO is no significant correlation. In overall evaporation and wind draft losses increase to 9.4 percent by increasing of 1 meter per second of wind velocity.

**Keywords:** Sprinkler, Wind speed, Vapor pressure deficit, Temperature, Evaporation, Wind losses

---

1,2,3,4- Former MSc Student, Associate Professor and Former MSc Students of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, University of Kurdistan, Respectively  
(\*-Corresponding Author Email: isamarofpoor@yahoo.com)