

بررسی تاثیر پارامترهای جوی بر تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک

امید شیخ اسماعیلی^۱

چکیده

در مناطق گرم و نیمه خشک، بخش قابل توجهی از آب مصرفی در مزرعه در اثر تبخیر و بادبردگی تلف می شود. از این رو تخمین صحیح تلفات تبخیر و باد در آبیاری بارانی به منظور ارائه راه کارهایی جهت توسعه و بهره برداری بهینه از منابع آبی موجود حایز اهمیت است. این پژوهش با هدف دستیابی به معیاری عملی و ارائه رابطه‌ای جهت برآورد دقیق تلفات تبخیر و باد در شرایط مختلف جوی انجام شد. آزمایش‌ها با سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک به روش استقرار آبیاش منفرد در منطقه گرم و نیمه خشک جنوب شرقی استان خوزستان انجام پذیرفت. روابط به دست آمده نشان داد که افزایش یک متر بر ثانیه به سرعت باد باعث می شود تا تلفات تبخیر و باد به میزان ۳/۲۶ درصد افزایش یابد. همچنین در شرایطی که سرعت باد از ۳/۵ متر بر ثانیه تجاوز کند تلفات تبخیر و باد از ۱۹ درصد فراتر می رود. این بررسی نشان داد که تغییر زمان آبیاری از روز به شب در فصل تابستان در مناطق گرم و نیمه خشک مانند جنوب خوزستان می تواند منجر به کاهش چشم گیر تلفات تبخیر و باد از ۲۱/۹ به ۲/۸ درصد گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیاش، آبیاری بارانی، تلفات تبخیر و باد، اقلیم گرم و نیمه خشک

مقدمه

تبخیر و باد دارند لذا رابطه ۲ را با واحدهای مشابه رابطه ۱ برای تخمین تلفات تبخیر و باد بدست آورد:

$$Ls = 0.389 e^{0.18W} (E_s - E_a)^{0.7} \quad (2)$$

کلر و بلیسنر (۱۹۹۰) با تعریف شاخص اندازه ذرات و استفاده از نتایج تحقیقات فراست و شوالن توانستند نمودارهایی را جهت محاسبه بخش موثر آب تهیه کنند. پارامترهای مورد نیاز برای استفاده از این روش شامل تبخیر و تعرق پتانسیل، فشار آب، اندازه نازل و سرعت باد است. طبق نظر آن‌ها، تلفات تبخیر و باد در شرایطی که سرعت باد کم بوده و تراکم پوشش گیاهی زیاد باشد اندک است. در شرایط معمولی میزان تلفات تبخیر و باد حدود ۵ تا ۱۰ درصد بوده ولی با وزش بادهای شدید، افزایش می‌یابد.

فوکایدس (۲۰۰۰) کاربرد آبیاری بارانی را هنگام وزش بادهای شدید و با سرعت بیش از ۳/۵ متر بر ثانیه توصیه نمی‌کند. مونتر و همکاران (۲۰۰۰) با در نظر گرفتن تیمارهای فشار آب، نوع آبیاش، اندازه و تعداد نازل‌ها در استقرارهای متفاوت آبیاش‌ها و شرایط مختلف جوی به روابط زیر با واحدهای مشابه روابط قبلی دست یافتند:

۱- استقرار آبیاش منفرد

الف- آبیاش دو نازله اگر وس ۳۵ (۴/۴×۲/۴ میلی‌متر)

$$Ls = 18.1(E_s - E_a)^{0.5} + 1.41W - 3.43 \quad (3)$$

ب- آبیاش تک نازله اگر وس ۴۶ (۴/۸ میلی‌متر)

$$Ls = 18.1(E_s - E_a)^{0.5} + 1.41W - 2.54 \quad (4)$$

۲- استقرار کلاسیک ثابت در مزرعه

$$Ls = 0.007P_a + 7.38(E_s - E_a)^{0.5} + 0.844W \quad (5)$$

پلاین و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که تلفات تبخیر و باد در شرایط آب و هوایی گرم و نیمه خشک نظیر زاراگزی اسپانیا در سیستم آبیاری بارانی کاملاً ثابت به‌طور متوسط ۱۵/۴ و ۸/۵ درصد به ترتیب در روز و شب اندازه‌گیری شده است. این مقادیر در سیستم آبیاری بارانی نیمه ثابت با لوله‌های فرعی متحرک به ترتیب ۹/۸ و ۵ درصد بودند. به عبارت دیگر، انجام آبیاری بارانی با سیستم نیمه ثابت نسبت به کاملاً ثابت و نیز آبیاری شبانه نسبت به روزانه دارای تلفات تبخیر و باد کمتری است.

پایداری و توسعه زراعت‌های آبی در گرو کسب مقادیر بالای بازده کاربرد آب در مزرعه است، لذا شناخت و کنترل عوامل موثر بر بازده کاربرد آب به‌ویژه در مناطق گرم و نیمه‌خشک می‌تواند نقش به‌سزایی در بهره‌برداری بهینه از منابع آبی موجود داشته باشد.

در آبیاری بارانی به اختلاف بین حجم آب خارج شده از آبیاش‌ها و حجم آب رسیده به سطح زمین «تلفات تبخیر و باد» گفته می‌شود که شامل دو جز تلفات تبخیری و بادبردگی است. پژوهش‌گران بررسی‌های زیادی را در زمینه تلفات تبخیر و باد تحت شرایط مختلف صحرائی و آزمایشگاهی انجام داده‌اند، ولی این مطالعات تاکنون نتوانسته محدودده یکسانی را برای تلفات تبخیر و باد تعیین کند به‌طوری که ارقام متفاوتی در کتاب‌ها و مقاله‌ها گزارش شده است.

فراست و شوالن (۱۹۵۵) نموداری را با استفاده از تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از ۷۰۰ مورد آزمایش جهت تخمین تلفات تبخیر و باد به‌دست آوردند که برای آبیاش‌های تک‌نازله قابل کاربرد است. تریمر (۱۹۸۷) از روی نمودار فراست و شوالن توانست رابطه ۱ را استخراج کند.

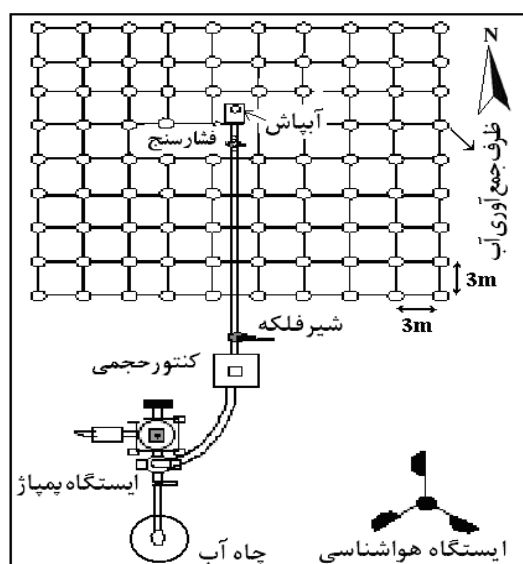
(۱)

$$Ls = \left[1.98D^{-0.72} + 0.22(E_s - E_a)^{0.63} + 3.6 \times 10^{-4} P_a^{1.16} + 0.14W^{0.7} \right]^{4.2}$$

LS: تلفات تبخیر و باد (درصد)، W: سرعت باد (متر بر ثانیه)، D: قطر نازل (میلی‌متر)، $E_s - E_a$: کمبود فشار بخار اشباع محیط (کیلو پاسکال)، P: فشار آب (کیلو پاسکال) است.

استینر و همکاران (۱۹۸۳) طی مطالعاتی با سیستم‌های سنتریپوت در کانزاس گزارش دادند که در شرایط تبخیری شدید به‌طور متوسط ۱۵ درصد تلفات تبخیر و باد وجود دارد. سپورجین و همکاران (۱۹۸۳) در مقاله‌ای اعلام نمودند که وزش باد در مناطق گرم و خشک می‌تواند تلفات تبخیر و باد را به ۳۰ درصد نیز برساند. یازار (۱۹۸۴) پس از بررسی نتایج آزمایش‌هایی با استقرار لوله‌های فرعی دریافت که باد و کمبود فشار بخار اشباع محیط بیش‌ترین تاثیر را در میزان تلفات

استقرار آبیاش منفرد و مطابق شکل ۱ به تعداد ۴۰ مورد انجام پذیرفت. آب مورد نیاز مزرعه به مساحت ۱۴ هکتار و با دبی ۱۸/۵ لیتر بر ثانیه از یک حلقه چاه عمیق تامین می‌گردید. کلیه لوله‌های سیستم آبیاری از جنس پلی‌اتیلن و در زیر مین نصب بودند. اندازه‌گیری حجم آب خروجی از آبیاش به وسیله کنتور حجمی نصب شده در پای آبیاش انجام شد.



شکل ۱: شمای تجهیزات و سیستم آبیاری انجام آزمایش‌ها به روش آبیاش منفرد

دبی و قطر پاشش آبیاش در شرایط بدون باد با فشار آب ۴۵ متر به ترتیب برابر با ۳/۲۸ لیتر بر ثانیه و ۵۴ متر و با فشار آب ۵۰ متر به ترتیب برابر با ۳/۴۷ لیتر بر ثانیه و ۶۰ متر اندازه‌گیری شد. سرعت چرخش آبیاش نیز ۰/۷ دور در دقیقه بود. تجهیزات و ادوات هواشناسی شامل بادسنج و جعبه اسکرین دارای دماسنج‌های خشک و تر در فاصله ۵۰ متری از محل آبیاش نصب شدند. سرعت باد و دمای خشک و تر در طی یک ساعت زمان آزمایش ثبت می‌گردید.

در این پژوهش، نظر به تاکید اکثر پژوهش‌گران و منابع تحقیقاتی مذکور مبنی بر اهمیت پارامترهای جوی موثر بر میزان تلفات تبخیر و باد شامل باد، رطوبت نسبی، درجه حرارت و کمبود فشار بخار اشباع محیط سعی گردید از آن‌ها به‌عنوان تیمارهای مورد آزمایش جهت به‌دست آوردن روابط تخمین تلفات تبخیر و باد استفاده شود.

پژوهش حاضر جهت دستیابی به اهداف زیر به بررسی عوامل جوی موثر بر تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک در منطقه جنوب شرقی استان خوزستان که دارای اقلیمی گرم و نیمه خشک است می‌پردازد:

۱- میزان و چگونگی تاثیر پارامترهای جوی شامل باد، درجه حرارت، رطوبت نسبی و کمبود فشار بخار اشباع محیط بر تلفات تبخیر و باد

۲- دستیابی به معیاری عملی و رابطه‌ای جامع جهت برآورد دقیق تلفات تبخیر و باد

۳- ارائه راه‌کارهای علمی-کاربردی جهت کاهش تلفات تبخیر و باد و افزایش بازده کاربرد آب در مزرعه

مواد و روش‌ها

معمولاً در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک از آبیاش‌های سه نازل (۳×۳/۲×۱۱ میلی متر) با فواصل ۳۰ × ۲۵ متر استفاده می‌شود و لوله‌های اصلی و فرعی در زمین مدفون می‌گردند. بنا بر تجارب بدست آمده در این سیستم آبیاری بهتر است از حداقل فشار آب ۴۵ متر جهت جلوگیری از کوبیدگی خاک، کسب یکنواختی توزیع مناسب و صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی استفاده شود (شیخ‌اسماعیلی، ۱۳۸۲).

آزمایش‌های این پژوهش در قطعه زمینی مسطح و عاری از پوشش گیاهی به ابعاد ۷۰×۷۰ مترمربع در مزرعه‌ای با سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک سه نازل (۳×۳/۲×۱۱) ساخت شرکت آبیاران دشت که از مدل آبیاش اسپانیایی VYR155 الگوبرداری شده است در محدوده معمول فشار آب ۴۵ الی ۵۰ متر انجام شد.

آزمایش‌ها در مزرعه‌ای واقع در منطقه جنوب شرقی استان خوزستان واقع در ۵ کیلومتری شهرستان بهبهان با موقعیت جغرافیایی به طول شرقی ۳۷° ۱۷' و عرض شمالی ۴۵° ۳۰' انجام شد. آزمایش‌ها بر اساس دستورالعمل‌های استاندارد ایزو ۷۷۴۹/۲ و جامعه مهندسان کشاورزی امریکا^۱ به روش

1. ISO 7749/1(1986) and ISO 7749/2(1990)
2. ASAE S398.1(2001)

(۷)

$$SE = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum (\hat{e}_i - \bar{e})^2 - \frac{[\sum (e_i - \bar{e})(\hat{e}_i - \bar{e})]^2}{\sum (e_i - \bar{e})^2} \right]}$$

$$AMRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i - \hat{e}_i}{e_i} \right| \quad (۸)$$

e_i و \hat{e}_i به ترتیب مقادیر تلفات تبخیر و باد اندازه‌گیری شده در مزرعه و مقادیر محاسباتی توسط روابط رگرسیونی هستند. تعداد آزمایشات با n نشان داده شده است. \bar{e} و $\bar{\hat{e}}$ به ترتیب متوسط مقادیر e_i و \hat{e}_i هستند. روابطی که دارای ضریب همبستگی بیشتر و مقادیر میانگین خطای نسبی و خطای استاندارد کمتری باشند می‌توانند تلفات تبخیر و باد را با دقت بیشتری تخمین بزنند.

نتایج و بحث

تقاضای محیطی اصطلاحی است که به میزان انرژی موجود در هوا برای تبخیر آب و توانایی ذخیره و پراکندن بخار آب در فضا اطلاق می‌شود. برای تبدیل یک گرم آب به بخار ۵۸۰ کالری انرژی لازم است. این میزان انرژی که ناشی از تشعشعات خورشیدی است در ماه‌های گرم تابستان به حد قابل توجهی در اتمسفر مناطق گرم و نیمه خشک موجود است. نتایج این پژوهش نشان داد که تقاضای محیطی به‌طور طبیعی در طی ساعات ۱۳ الی ۱۵ به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد. در این زمان رطوبت نسبی به کم‌ترین مقدار و درجه حرارت و کمبود فشار بخار اشباع محیط به بیش‌ترین مقدار خود به‌ویژه در روزهای گرم تابستان در اقلیم نیمه خشک جنوب خوزستان می‌رسد.

متوسط مقادیر تلفات تبخیر و باد و پارامترهای جوی اندازه‌گیری شده در مزرعه که در جدول ۱ ارائه شده نشان می‌دهد تلفات تبخیر و باد در بدترین وضعیت جوی، در شرایط بادخیز و گرمای شدید جنوب خوزستان به ۲۶/۸ درصد نیز رسیده است. برعکس، آبیاری در غروب و بعد از آن زمان تا صبح زود منجر به

آزمایش‌ها به طور تصادفی در طی ساعت‌های مختلف شبانه‌روز در فصول تابستان و پاییز انجام می‌گرفت تا بتوان با پوشش کلیه مقادیر شایع پارامترهای جوی مذکور به رابطه‌ای جامع و کامل با دقت قابل قبول برای تخمین تلفات تبخیر و باد دست یافت. اندازه‌گیری میزان تلفات تبخیر و باد با استفاده از رابطه ۶ انجام شد:

$$Ls = \frac{\text{مساحت آبیاری شده اطراف یک ظرف (۹ مترمربع)} \times \text{مجموع عمق آب کل ظرف}}{\text{حجم آب خارج شده از آبیاش}} \times 100 \quad (۹)$$

در این پژوهش به منظور بدست آوردن روابطی که بتواند تلفات تبخیر و باد را به‌طور صحیح و اصولی تخمین بزند از تجزیه و تحلیل‌های آماری فراوانی استفاده شد که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود:

الف- انواع روابط ریاضی اعم از خطی و غیرخطی، توانی و لگاریتمی جهت یافتن روابط بین میزان تلفات تبخیر و باد با پارامترهای مهم جوی شامل باد، رطوبت نسبی، درجه حرارت و کمبود فشار بخار اشباع محیط با استفاده از رگرسیون چندمتغیره^۱ در محیط نرم‌افزارهای آماری SPSS 11.5 و Excel 2003 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت روابطی که مقدار ضریب همبستگی پیرسون (R^2) بیشتری داشتند انتخاب گردید.

ب- معنی‌دار بودن ضریب رگرسیونی^۲ روابط جهت ارزیابی درجه صحت آن‌ها با استفاده از آزمون تی-استیودنت^۳ بین مقادیر تلفات تبخیر و باد اندازه‌گیری شده در مزرعه و مقادیر محاسباتی بدست آمده از روابط حاصله به روش مقایسه جفت جفت در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نگردید. لذا روابط حاصله در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار هستند.

ج- به‌منظور بررسی درجه دقت روابط رگرسیونی حاصله از مدل SPSS 11.5، علاوه بر ضریب همبستگی پیرسون (R^2) از دو آماره دیگر شامل خطای استاندارد^۴ (S.E) و میانگین خطای نسبی^۵ (AMRE) استفاده شد.

1. Multiple Regression
2. Regression Coefficient
3. Student t-Test
4. Standard Error
5. Average Magnitude of the Relative Error

کاهش چشم‌گیر تلفات تبخیر و باد حتی در فصل تابستان گردید، به طوری که تلفات تبخیر و باد به ۱ الی ۲ درصد تنزل یافت.

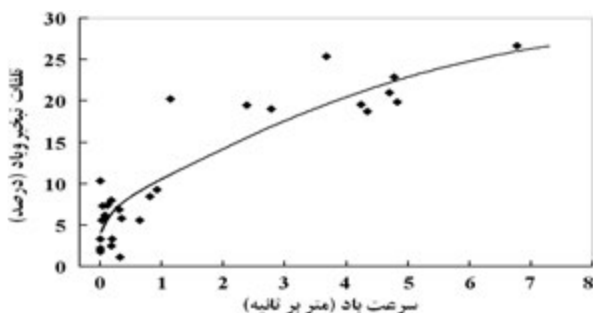
جدول ۱: متوسط مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزرعه (به همراه محدوده تغییرات آن‌ها)

کاهش چشم‌گیر تلفات تبخیر و باد حتی در فصل تابستان گردید، به طوری که تلفات تبخیر و باد به ۱ الی ۲ درصد تنزل یافت.

جدول ۱: متوسط مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در

مزرعه (به همراه محدوده تغییرات آن‌ها)

تلفات تبخیر و باد (درصد)	۱۱/۵ (۱/۱ - ۲۶/۸)
سرعت باد (درصد)	۱/۶۲ (۰ - ۶/۷۷)
رطوبت نسبی (درصد)	۴۱/۸ (۱۱/۸ - ۸۰/۰)
درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۳۱/۹ (۲۱/۴ - ۴۴/۹)
کمبود فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)	۳/۱۴ (۰/۶۳ - ۸/۴۲)



شکل ۲: نمودار تغییرات میزان تلفات تبخیر و باد نسبت به سرعت باد

در شکل ۲، پراکندگی زیاد بعضی نقاط و فاصله زیاد آن‌ها از خط برازش داده شده ناشی از تاثیر سایر پارامترهای اقلیمی نظیر درجه حرارت و رطوبت نسبی بر تلفات تبخیر و باد است، لذا در جدول ۲ از میانگین مقادیر تلفات تبخیر و باد در محدوده‌های مشخص سرعت باد استفاده شده است به نحوی که کاربرد آن همراه با رابطه ۹ در فرآیند طراحی باعث اطمینان بخشی بیشتری به نتایج حاصله خواهد شد.

اثر باد

باد از مهم‌ترین پارامترهای جوی است که تاثیر مستقیمی بر تلفات تبخیر و باد دارد. بررسی روابط و نمودارها نشان داد که بیش‌ترین درجه همبستگی بین تلفات تبخیر و باد (LS) بر حسب درصد و سرعت باد (W) بر حسب متر بر ثانیه با استفاده از رگرسیون غیر خطی و رابطه توانی ۹ حاصل می‌شود که در شکل ۲ نیز نمودار آن آمده است.

$$LS = 7.1 W^{0.6} + 4 \quad (9)$$

$$(R^2 = 0.83, SE = 3.0, AMRE = 0.55)$$

منحنی شکل ۲ بیانگر آن است که با افزایش یک متر بر ثانیه به سرعت باد به‌طور میانگین ۳/۲۶ درصد به تلفات تبخیر و باد افزوده می‌شود. بر اساس رابطه ۹، تلفات تبخیر و باد در شرایط وزش بادهای شدید و با سرعت بیش از ۴/۲ متر بر ثانیه (۱۵ کیلومتر در ساعت) در جنوب خوزستان از ۲۰/۸ درصد فراتر می‌رود. اکثر پژوهش‌گران نظیر سگینر و کاسترینسکی (۱۹۷۵) توصیه نمودند حتی الامکان در شرایط وزش بادهای شدید با سرعت بیش از ۱۵ کیلومتر بر ساعت از انجام آبیاری بارانی اجتناب شود. فوکایدس از فائو (۲۰۰۰) سرعت باد ۳/۵ متر بر ثانیه را مرز کاربرد آبیاری بارانی توصیه نموده است. مطابق رابطه ۹، تلفات تبخیر و باد در شرایط وزش بادهای با سرعت بیش از ۳/۵ متر بر ثانیه

جدول ۲: میانگین مقادیر تلفات تبخیر و باد نسبت به

سرعت باد (متر بر ثانیه)	تلفات تبخیر و باد (درصد)
۰/۵ - صفر	۵/۲
۰/۵ - ۲/۵	۱۲/۷
۲/۵ - ۴/۵	۱۸/۷
۴/۵ - ۶/۵	۲۳/۰
۶/۵ - ۷/۰	۲۶/۸

اثر درجه حرارت محیط

درجه حرارت محیط یا دمای هوا تاثیر مستقیمی بر تلفات تبخیر و باد دارد. با افزایش دمای هوا که شاخصی از مقدار انرژی خورشیدی است تبخیر ذرات آب

جدول ۳: میانگین مقادیر تلفات تبخیر و باد نسبت به

درجه حرارت محیط

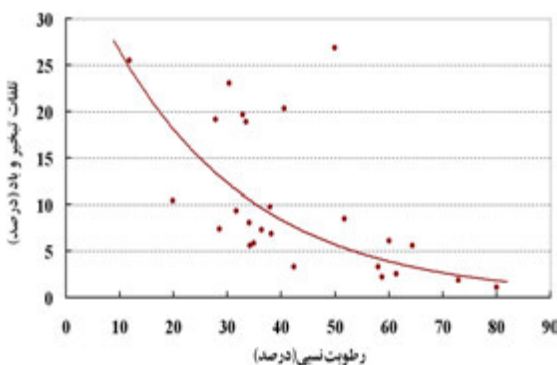
تلفات تبخیر و باد (درصد)	درجه حرارت محیط (سانتی گراد)
۲/۸	۲۰ - ۲۵
۶/۸	۲۵ - ۳۰
۸/۷	۳۰ - ۳۵
۱۶/۳	۳۵ - ۴۰
۲۴/۳	۴۰ - ۴۵

اثر رطوبت نسبی

رطوبت نسبی بیانگر میزان بخار آب موجود در هواست و هر چه مقدار آن کم‌تر باشد شدت تبخیر آب پاشیده در هوا به وسیله آبیاش برای اشباع شدن هوا از بخار آب بیشتر است. بررسی رابطه بین رطوبت نسبی و تلفات تبخیر و باد نشان داد بیشترین میزان همبستگی بین تلفات تبخیر و باد (LS) بر حسب درصد و رطوبت نسبی (RH) بر حسب درصد با استفاده از رابطه نمایی ۱۱ حاصل می‌شود که در شکل ۴ نیز نمودار آن مشاهده می‌شود.

$$Ls = 38.85 e^{-0.0383 RH} \quad (11)$$

($R^2 = 0.54$, $SE = 4.3$, $AMRE = 0.5$)
پراکندگی زیاد نقاط در شکل ۴ به همراه با نامناسب بودن ضرایب آماری رابطه ۱۱ و نیز عدم استفاده پژوهش‌گران از رطوبت نسبی بیانگر آن است که این پارامتر جوی جهت تخمین صحیح تلفات تبخیر و باد مناسب نیست.



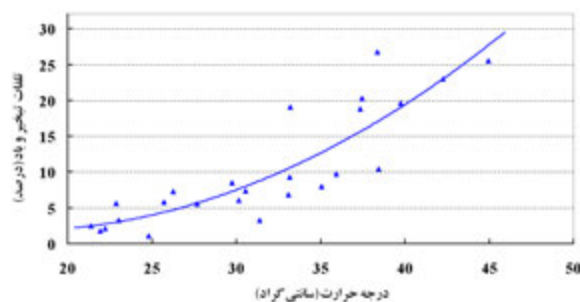
شکل ۴: نمودار تغییرات تلفات تبخیر و باد نسبت به رطوبت نسبی

پاشیده شده در هوا بیشتر شده و حجم بیشتری از آب بخار می‌شود.

بررسی و مقایسه نتایج نشان داد که مطابق شکل ۳ و رابطه ۱۰، معادله درجه دوم بیشترین میزان همبستگی را بین مقادیر تلفات تبخیر و باد (LS) بر حسب درصد و درجه حرارت محیط (T) بر حسب سانتی‌گراد برقرار می‌سازد.

$$Ls = 0.033 T^2 - 1.083 T + 10.819 \quad (10)$$

($R^2 = 0.76$, $SE = 3.5$, $AMRE = 0.42$)



شکل ۳: نمودار تغییرات تلفات تبخیر و باد نسبت به درجه حرارت محیط

بررسی شکل ۳ نشان می‌دهد در شرایطی که درجه حرارت محیط از ۳۵ درجه سانتی‌گراد فراتر رود شیب منحنی برازش داده شده افزایش یافته و متمایل به حالت خطی می‌شود به طوری که تلفات تبخیر و باد به ازای افزایش یک درجه سانتی‌گراد به دمای هوا به طور میانگین ۱/۵۶ درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین در شرایطی که دمای محیط از ۴۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز کند مقدار تلفات تبخیر و باد بیش از ۲۰/۳ درصد خواهد شد. در شکل ۳ نقاط با فاصله زیاد از منحنی برازش داده شده ناشی از تاثیر سایر پارامترهای جوی بر تلفات تبخیر و باد است که باعث کاهش ضریب همبستگی ($R^2 = 0.76$) و نیز افزایش میانگین خطای نسبی و خطای استاندارد در رابطه ۱۰ نسبت به رابطه ۹ شده است، لذا توجه به میانگین مقادیر تلفات تبخیر و باد در جدول ۳ به منظور کاهش تاثیر سایر عوامل جوی در رابطه ۱۰ توصیه می‌شود. هم‌چنین در شرایط بدون باد و یا مناطقی که سرعت باد در دسترس نیست می‌توان از رابطه ۱۰ و جدول ۳ بهره برد.

بارانی باید سعی گردد تا تجزیه و تحلیل باد در نزدیکی منطقه مورد مطالعه و با دقت فراوان انجام پذیرد.

بررسی و کاربرد رگرسیون چندمتغیره

برای دستیابی به یک رابطه جامع ریاضی با دقت قابل قبول و ضریب همبستگی مناسب از رگرسیون چند متغیره استفاده شد. در رگرسیون چند متغیره برای به الگو یا مدل در آوردن یک متغیر وابسته از چندین متغیر مستقل استفاده می‌گردد. در این پژوهش، نظر به تاکید اکثر پژوهشگران و منابع پژوهشی مذکور مبنی بر اهمیت کمبود فشار بخار اشباع محیط سعی گردید از این پارامتر به عنوان عاملی که در برگیرنده تاثیر دو پارامتر درجه حرارت و رطوبت نسبی است برای تخمین تلفات تبخیر و باد استفاده شود. رابطه ۱۴ با در نظر گرفتن تلفات تبخیر و باد (LS) بر حسب درصد به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای مستقل شامل باد (W) بر حسب متر بر ثانیه و کمبود فشار بخار اشباع محیط (E_s-E_a) بر حسب کیلوپاسکال به دست آمده است:

$$LS = 5.4 W^{0.6} + 7.4 (E_s - E_a)^{0.45} - 6.1 \quad (14)$$

$$(R^2 = 0.94, SE = 2.0, AMRE = 0.23)$$

مقایسه آماره‌ها بین رابطه ۱۴ و سایر روابط قبلی نشان می‌دهد که استفاده هم‌زمان از پارامترهای مهم جوی شامل باد و کمبود فشار بخار اشباع محیط باعث تخمین دقیق‌تر تلفات تبخیر و باد می‌شود.

به منظور بررسی دقت رابطه ۱۴، مقایسه‌ای بین کلیه مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده در آزمایش‌های صحرائی با مقادیر محاسباتی رابطه ۱۴ انجام شد که مطابق سمت چپ شکل ۶، خط برازش داده شده زاویه کمی نسبت به خط ۴۵ درجه (۱:۱) دارد. در سمت راست شکل ۶، مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسباتی با رابطه ۱۴ به ترتیب صعودی آورده شده‌اند.

اندازه‌گیری‌های انجام شده در مزرعه و بررسی رابطه ۱۴ نشان داد که در هنگام ظهر طی ساعات ۱۳ الی ۱۵ که سرعت باد از ۳/۵ متر بر ثانیه و دمای هوا از ۴۵ درجه سانتی‌گراد (کمبود فشار بخار اشباع محیط از ۶ کیلوپاسکال) فراتر می‌روند انجام آبیاری بارانی با تلفات شدید تبخیر و باد همراه است به نحوی که مقدار آن از

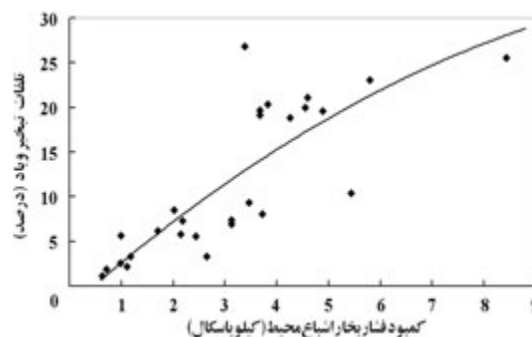
اثر کمبود فشار بخار اشباع محیط

بررسی روابط و نمودارهای مختلف با استفاده از کلیه مقادیر اندازه‌گیری شده تلفات تبخیر و باد در شرایط متفاوت جوی به وسیله رگرسیون غیرخطی نشان داد که رابطه ۱۲ با توان ۰/۶ می‌تواند بیشترین همبستگی را بین تلفات تبخیر و باد (LS) بر حسب درصد و کمبود فشار بخار اشباع محیط (E_s-E_a) بر حسب کیلوپاسکال برقرار سازد.

$$LS = 10 (E_s - E_a)^{0.6} - 7.6 \quad (12)$$

$$(R^2 = 0.66, SE = 4.1, AMRE = 0.44)$$

رابطه ۱۲ و منحنی شکل ۵ بیانگر آن است که تلفات تبخیر و باد با افزایش کمبود فشار بخار اشباع محیط به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد به نحوی که تلفات تبخیر و باد با افزایش یک کیلوپاسکال به مقدار کمبود فشار بخار اشباع محیط به‌طور میانگین ۳/۷ درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین در شرایط گرمای شدید جنوب خوزستان که کمبود فشار بخار اشباع محیط از ۶ کیلوپاسکال تجاوز می‌کند تلفات تبخیر و باد از ۲۱/۷ درصد فراتر خواهد رفت.



شکل ۵: نمودار تغییرات تلفات تبخیر و باد نسبت به

کمبود فشار بخار اشباع محیط

بررسی و مقایسه آماره‌های ضریب همبستگی، میانگین خطای نسبی و خطای استاندارد در روابط ۹ الی ۱۲ نشان می‌دهد که از لحاظ وزنی تاثیر پارامترهای جوی بر میزان تلفات تبخیر و باد به‌صورت رابطه ۱۳ است:

$$(13)$$

رطوبت نسبی (کمبود فشار بخار اشباع محیط (درجه حرارت محیط (باد بدین ترتیب باد بیش‌ترین تاثیر را بر میزان تلفات تبخیر و باد می‌گذارد، لذا در طراحی سیستم آبیاری

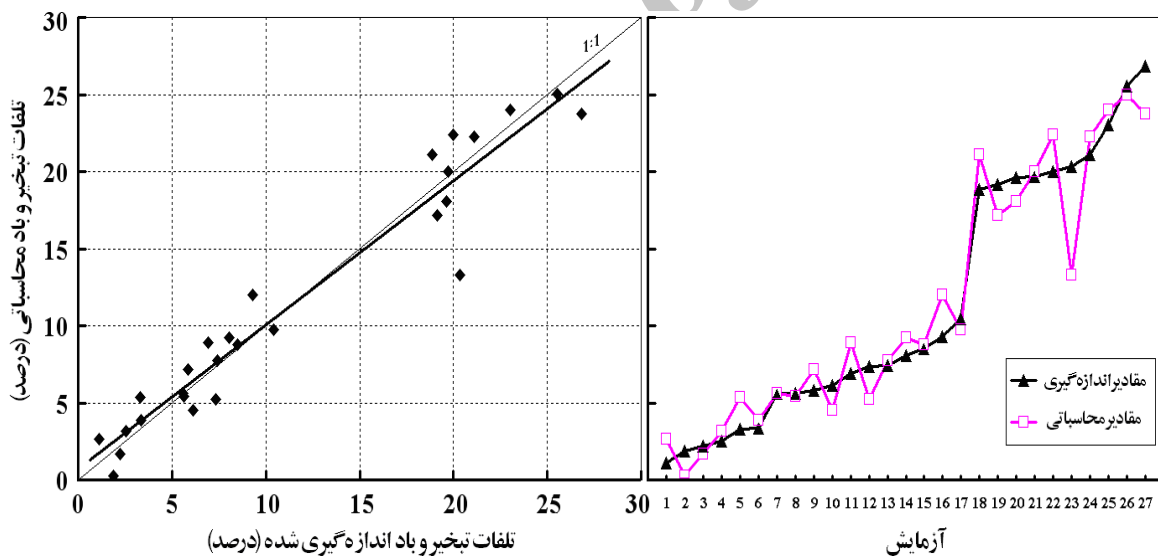
لذا توصیه می‌شود از انجام آبیاری بارانی هنگام ظهر یا در شرایط وزش بادهای شدید اجتناب شود. همچنین در این راستا، مهندسان مشاور می‌توانند با توجه به کم‌آبی فصل تابستان در جنوب خوزستان از گیاهانی در الگوی کشت پیشنهادی استفاده نمایند که فصل برداشت آن‌ها حداکثر تا تیر ماه پایان پذیرفته و یا فصل کشت آن‌ها از شهریور ماه آغاز شود. با این راه‌کار تعداد آبیاری در فصل تابستان به حداقل خواهد رسید.

۲- برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد تلفات تبخیر و باد با استفاده از آپاش‌های دو نازله نظیر نلسون (F70) و رین‌برد (RainBird 880A) به همراه مقایسه آن‌ها با آپاش‌های سه نازله در اندازه‌های مختلف انجام پذیرد. همچنین اندازه‌گیری تلفات تبخیر و باد در سایر سیستم‌های آبیاری بارانی که متناسب با شرایط هر منطقه هستند قابل توصیه است.

۲۱/۹ درصد تجاوز می‌کند. این در حالی است که آبیاری در شرایط بدون باد ($W=0$) از غروب و بعد از آن زمان تا صبح زود که رطوبت نسبی بالا بوده و کمبود فشار بخار اشباع محیط از ۱/۵ کیلوپاسکال کمتر است می‌تواند تلفات تبخیر و باد را به ۲/۸ درصد تنزل دهد.

پیشنهادات

۱- دستیابی به رابطه‌ای جامع و دقیق ریاضی با همبستگی قابل قبول از دستاوردهای پژوهش حاضر بوده که در رابطه ۱۴ آمده است و می‌توان از آن جهت برآورد صحیح تلفات تبخیر و باد در طراحی سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آپاش متحرک در شرایط مختلف جوی بهره برد. بر اساس این بررسی مشخص گردید که با تغییر زمان آبیاری از روز به شب در فصل تابستان به دلیل کاهش شدید دما و سرعت باد در مناطق گرم و نیمه‌خشک مانند جنوب خوزستان می‌توان شاهد کاهش چشم‌گیر تلفات تبخیر و باد از ۲۱/۹ به ۲/۸ درصد بود.



شکل ۶: نمودار مقایسه مقادیر تلفات تبخیر و باد اندازه‌گیری شده و محاسباتی شده با مدل پیشنهادی

منابع

- شیخ‌اسماعیلی، ا. ۱۳۸۲. بررسی یکنواختی توزیع آب و تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک A-D-5. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز.
- American Society of Agricultural Engineers, Standards - ASAE, S398.1 . 2001. Procedure for Sprinkler Testing and Performance Reporting.
- Frost, K. R. and Schwalon, H. C. 1955. Sprinkler evaporation losses. *Journal of Agricultural Engineering*, 36(8): 526-528.
- ISO-7749/1. 1986. part 1. Design and operational requirements. *Agricultural Irrigation Equipment-Rotating Sprinklers*.
- ISO-7749/2. 1990. part 2. Uniformity of distribution and test methods. *Agricultural Irrigation Equipment-Rotating Sprinklers*.
- Keller, J. and Bliesner, R. D. 1990. *Sprinkler and trickle irrigation*. AVI Book. Van Nostrand Reinhold. New York, USA.
- Montero, J., Tarjuelo, J. M., Ortega, J. F. and De Juan, J. A. 2000. Modelling evaporation and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semi-arid conditions. *Journal of Agriculture water management*, 43: 263-284.
- Phocaides, A. 2000. Technical handbook on pressurized irrigation techniques. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO pp. 101.
- Playa'n, E; Salvador, R; Faci, J. M; Zapata, N; Marti'nez-Cob, A; and Sa'nchez, I. 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. *Journal of Agriculture Water Management*, 76: 139-159.
- Seginer, I. and Kostrinsky, M. 1975. Wind sprinkler patterns and system design. *Journal of Irrigation and Drainage Division - ASCE*, 101(TR4): 251-264.
- Spurgeon, W. E., Thompson, T. L. and Gilley, J. R. 1983. Irrigation management using hourly spray evaporation loss estimates. *ASAE*, 83: 2591.
- Steiner, J. L., Kanemasu, E. T. and Clark, R.N. 1983. Spray losses and partitioning of water under a center pivot sprinkler system. *Transaction of the ASAE*, 26(4): 1128-1134.
- Trimmer, W. L. 1987. Sprinkler evaporation losses equation. *ASCE. Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 113(4): 616-620.
- Yazar, A. 1984. Evaporation and drift losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. *Journal of Agricultural Water Management*, 8: 439-449.

Analysis of Climatic Parameters Effects on Wind drift and Evaporation Losses in Semi-Portable Sprinkler Irrigation System

Sheikhesmaeili¹, O.

Abstract

In hot semi-arid areas, the portion of water that might be lost due to wind drift and evaporation would be significant. Thus a proper understanding and control of factors affecting wind drift and evaporation losses (L_s) in sprinkler irrigation for developing water conservation strategies are important. The purpose of this study included proposition of the practical model and adequate estimation equation by characterize L_s in semi-portable hand-move sprinkler system under different weather conditions in south-east region of Khuzestan province. The type of field tests were conducted with single sprinkler conditions. Estimation equations showed that the L_s increases 3.26% for every increment of 1 m/s of wind speed. Also, results showed that L_s exceeded beyond 19% when wind speed increased more than 3.5 m/s. This study showed that L_s were decreased largely from 21.9% to 2.8% in hot semi-arid climates when switching from day to night irrigation in the summer.

Keywords : Sprinkler, Sprinkler Irrigation, Wind drift and Evaporation Losses, Hot Semi-Arid Climate

Archive of SID