

بررسی تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاشهای

مورد استفاده در فضاهای سبز شهری

حسن باقری، حسین انصاری، سید مجیدهاشمی نیا

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد - Hasan_1916@yahoo.com

عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد - Ansari_hos@yahoo.com

عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد - Hashemnia@yahoo.com

چکیده

پایداری و توسعه فضاهای سبز در گرو کسب میزان بالای بازده کاربرد آب در این فضاها است، لذا شناخت و کنترل عوامل مؤثر بر بازده کاربرد آب می تواند نقش مؤثری در بهره برداری بهینه از منابع آبی موجود داشته باشد. این تحقیق با هدف دستیابی به تاثیر پارامترهای اقلیمی بر تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاشهای اسپری مورد استفاده در فضاهای سبز شهری و نیز بررسی اثرات عبور و مرور ماشین آلات بر افزایش تلفات مذکور انجام گرفته است. برای بررسی تلفات تبخیر و بادبردگی از روش استقرار تک آبیاش در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در فشارهای 2/8 و 2/4، 2 اتمسفر و نازل های (7A)، (10A)، (12A)، (15A) و (17A) و برای بررسی اثر عبور و مرور ماشین آلات بر تلفات فوق الذکر، سیستم آبیاری تحت فشار بلوار شهید منتظری شهر مشهد مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. روابط حاکم بر تلفات تبخیر و بادبردگی با فشار کارکرد، سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت عبور و مرور ماشین آلات مورد بررسی قرار گرفت، از بین روابط استخراج شده معادله های زیر تلفات تبخیر و بادبردگی را با دقت مناسبی برآورد می نماید.

$$WDEL=14/6+0/596 T-0/189 RH+3/29 U_p+1/85 U_b$$

$$WDEL=3/14+0/473T+2/91U+1/31P-0/160RH+0/246R$$

در روابط فوق دمای هوا (T) بر حسب درجه سانتی گراد، سرعت باد محیط (U, U_b) بر حسب متر بر ثانیه، سرعت باد ماشین آلات (U_p) بر حسب متر بر ثانیه، فشار کارکرد (P) بر حسب اتمسفر، رطوبت نسبی (RH) بر حسب درصد و شعاع پاشش نازل (R) بر حسب فوت می باشد. نتایج بررسی توأم دو رابطه کلی نشان داد که میزان تلفات تبخیر و بادبردگی حدود 8 درصد به علت اثر عبور ماشین آلات بیشتر شده است همچنین بهترین نازل از بین نازل های مختلف نازل (12A) بود.

واژه های کلیدی: آبیاش، تردد خودرو، تلفات تبخیر و بادبردگی، فشار کارکرد آبیاش، فضای سبز، شدت پاشش

مقدمه

محدودیت منابع آبی با کیفیت مناسب و تشدید این محدودیت به جهت راندمان پایین استفاده از آب از یک سو و از سوی دیگر اثرات منفی بروز خشکسالی سالهای اخیر بر منابع آب و تشدید کمبود مذکور، سبب گردیده اند تا محققان به دنبال راهکارهای مناسب برای استفاده بهینه از منابع آبی موجود باشند. به طور کلی در کشورهایی که با بحران آب مواجه اند لازم است تا با تغییر راهکارها و انجام سرمایه گذاری های لازم اقداماتی را در خصوص افزایش راندمان آبیاری انجام گیرد که از آن جمله می توان به توسعه سیستم های آبیاری تحت فشار اشاره کرد. در

این راستا و با عنایت به کارگیری روز افزون انواع سیستم های آبیاری بارانی در کشور تحقیق و بررسی روی آنها بیش از پیش ضروری به نظر می رسد. مسأله افزایش جمعیت در کشور و ضرورت تأمین مواد غذایی، از بحث هایی است که طی سالیان اخیر به طور جدی از نقطه نظر سیاسی، فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است بدین منظور مهمترین راهکارها در این زمینه پس از اقدامات لازم جهت کاهش نرخ رشد جمعیت صرفه جویی در مصرف آب و غذا می باشد. بنابراین باید به زیر بنایی بودن مسائل آب و خاک توجه نموده و برنامه ریزی های دراز مدتی، مبتنی بر استفاده بهینه از پتانسیل های آب و خاک انجام داد. به طور کلی ایران با 240 میلی متر متوسط باران سالانه در مقابل 800 میلی متر میانگین بارندگی جهانی، کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می شود.

در صورتی که سیستم های آبیاری تحت فشار به درستی طراحی و اجرا شوند، قطعات مورد استفاده از کیفیت و خصوصیات فنی لازم برخوردار باشند و بهره برداران نیز از دانش فنی کافی در بهره برداری از آن برخوردار باشند، بهره برداری از منابع آب بهینه خواهد شد. در آبیاری بارانی آب توسط پمپ از منبع تامین آب (چاه، رودخانه، استخر های ذخیره و...) به شبکه لوله های اصلی و فرعی پمپاژ شده و سپس از طریق آبپاش ها به صورت قطرات ریز و باران ماندی در هوا پخش شده و بر روی زمین (خاک و یا پوشش گیاهی) می ریزد. و همین امر می تواند باعث بروز تلفات زیاد به ویژه در بخش تبخیر و بادبردگی شود. همچنین باید توجه داشت که در این سیستم حتی المقدور پخش آب می بایست مساوی و یا کمتر از سرعت نفوذ آب در خاک باشد تا از وقوع هرگونه روانابی جلوگیری شود. تلفات تبخیر و بادبردگی، تلفات غیر قابل اجتنابی هستند که در سیستم های آبیاری بارانی وجود داشته و می تواند راندمان سیستم را به شدت کاهش دهد. در آبیاری بارانی آن قسمت از تلفات که مربوط به تبخیر است قابل کنترل نبوده ولی سایر تلفات (رواناب و نفوذ عمقی) را می توان با اتخاذ تدابیر لازم به حداقل رسانید. بنابراین تلفات پاششی به دلیل غیرقابل کنترل بودن، از اهمیت بالایی برخوردار می باشد، و ضرورت دارد تلفات پاششی در سیستم آبیاری بارانی به ویژه سیستم های آبیاری بارانی در فضای سبز شهری تعیین شود. با تعیین تلفات پاششی امکان بدست آوردن راندمان واقعی سیستم آبیاری فراهم گردیده و می توان نیاز ناخالص آبیاری را تعیین نمود. علاوه بر این با تعیین میزان تلفات پاششی برای هر یک از نازل های اسپری در فضای سبز این امکان را بدست خواهد داد تا بهترین نوع نازل در سیستم آبیاری بارانی انتخاب گردد. همچنین بررسی تأثیر عوامل جوی شامل باد و عوامل دیگر محیطی بر تلفات ناشی از تبخیر و باد امکان ارائه راهکارهایی در جهت کاهش تلفات تبخیر و باد و افزایش راندمان کاربرد آب و همچنین مدیریت بهینه سیستم آبیاری را میسر می سازد. لذا با توجه به خشکسالی های دهه اخیر، بحرانی بودن وضعیت منابع آب و روند رو به گسترش استفاده از سیستم های آبیاری بارانی در این مناطق، شناخت عوامل مؤثر بر هدر رفت های ناشی از تبخیر و بادبردگی در این سیستم ها به منظور ارتقاء راندمان کاربرد آب، امری لازم و ضروری است. در کشورهای مختلف تحقیقات گسترده ای بر روی تلفات آب خصوصاً تلفات ناشی از تبخیر و بادبردگی در سیستم های آبیاری بارانی و نیز مقایسه و ارزیابی سیستم های آبیاری بارانی انجام شده است، اما متأسفانه به دلیل نادیده انگاشتن و یا ناچیز شمردن این هدر رفت ها در سیستم های آبیاری بارانی در ایران، تحقیقات انگشت شمار و محدودی در این زمینه به عمل آمده است. هم چنین سابقه کم کاربرد سیستم های آبیاری بارانی و نبود پروژه های تحقیقاتی در خصوص ارائه روابط و پارامتر های مورد نیاز طراحی، باعث شده است که طراحی ها به صورت کلیشه ای از نمودارها و جداولی صورت گیرد که برای سایر سیستم ها و مناطق مشابه به دست آمده اند. این امر باعث شده است که اولاً نتوان برنامه ریزی دقیق و واقعی در منابع آب کشور انجام داد و ثانیاً تعیین مقادیر پارامتر های طراحی با حدس و گمان صورت گیرد که منجر به افزایش هزینه های سرمایه گذاری، بروز مشکلات و هزینه های اضافی در بهره برداری و نگهداری و بالاخره کاهش بازدهی اقتصادی طرح ها در طول عمر مفید آن ها خواهد شد. از طرف دیگر به جهت جدید بودن استفاده از این سیستم ها در فضاهای سبز شهری، مطالعات و تحقیقات کمی در خصوص تلفات مربوط به سیستم های آبیاری بارانی در این بخش در جهان و ایران صورت گرفته است. لذا ضرورت انجام تحقیق در این بخش اهمیت دو چندان یافته است. سگینر و کوسترینسکی گزارش کردند (14) که سه عامل باعث تلفات آب بین آبپاش و قوطی جمع آوری آب می شود.

الف) تلفات ناشی از تبخیر،

ب) تلفات قطرات خارج شده از سطح پاشش آبپاش ها و

ج) تلفات تبخیر از قوطی ها.

مطالعات کینکید و همکاران [15] تلفات تبخیر و بادبردگی به سرعت باد، اندازه قطرات آب و مسافتی که قطرات قبل از رسیدن به زمین طی می کنند، بستگی دارد. شیخ اسماعیلی [4] به مطالعه تلفات تبخیر و باد بردگی در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک پرداخت، نتایج نشان داد که با افزایش سرعت باد از 15 کیلومتر بر ساعت میزان تلفات تبخیر و بادبردگی از 18 درصد تجاوز می کند، طبق نظر مک لین و همکاران [9] تلفات و بادبردگی برای یک ارتفاع نازل، اندازه قطرات و فشار خروجی مشخص در یک سیستم، تنها تحت تأثیر سرعت و جهت باد می باشد. به طور کلی می توان عوامل مؤثر بر تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی را به دو دسته اقلیمی و سیستمی تقسیم بندی کرد [5,8,14]. کلر و بلینزر [7] معتقدند که تلفات و هدر رفت آب، غالباً به سرعت باد، نیاز تبخیری هوا، نوع آبیاش و توزیع اندازه ذرات آب بستگی دارد. فراست و شوالن [8] نشان دادند که تلفات تبخیری متناسب با سرعت باد و فشار کارکرد بوده و به طور معکوس با رطوبت نسبی هوا و اندازه نازل در ارتباط است، یازار [11] نیز عوامل مؤثر بر راندمان کاربرد آبیاری بارانی و تلفات تبخیر و بادبردگی را سرعت باد، دمای هوا، تابش خورشیدی، اندازه نازل، فشار کارکرد و اندازه قطرات عنوان کرد، باد را دشمن اصلی آبیاری بارانی می دانند [3]، در تحقیقاتی دیگر ارشاد علی و بیر فوت [6] مقدار تلفات تبخیر را 15 تا 48% در شرایط بادی شدید برآورد کردند. تار جوئلو و همکاران [12] با انجام آزمایشاتی نتیجه گرفتند که فشار آب، سرعت باد و نوع آبیاش از عوامل اصلی مؤثر بر تلفات تبخیر و باد هستند. لوزینی [13] با انجام آزمایشاتی نشان داد که چنانچه دمای هوا از 21 تا 27 درجه سانتی گراد تغییر کند، مقدار تلفات تبخیری از 4/15 تا 7/73% تغییر خواهد کرد که این تغییرات معرف وجود یک رابطه لگاریتمی بین تلفات و دمای هوا با ثابت بودن بقیه عوامل می باشد.

موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی محل انجام مطالعات:

به منظور بررسی میزان تلفات تبخیر و بادبردگی سیستم های آبیاری بارانی آزمایشات در دو منطقه انجام پذیرفت: 1- دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، با عرض جغرافیایی 18°63 شمالی و طول 31°59 شرقی و 2- بلوار شهید منتظری مشهد، با عرض جغرافیایی 17°63 شمالی و طول 33°59 شرقی، آب و هوای منطقه از نوع خشک و دارای تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای سرد می باشد حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا در ایستگاه مشهد به ترتیب 43 و 28- درجه سانتیگراد ثبت شده است. متوسط 28 ساله بارندگی در ایستگاه مشهد رقم 254 میلیمتر را نشان می دهد میانگین تعداد روزهای همراه با یخبندان در ایستگاه مشهد 95 روز است براساس آمار طولانی مدت، سرعت متوسط سالانه وزش باد شهر مشهد 1/5 متر بر ثانیه گزارش شده که در 30 در صد اوقات، باد آرام بوده است. جهت باد غالب این شهر جنوب شرق با سرعت 1 تا 6 متر بر ثانیه بوده و 17 در صد اوقات را شامل می شود. آزمایشات در ماههای تیر، مرداد و شهریور سال 1388 صورت گرفته است. علت انتخاب فصل های مزبور جهت انجام آزمایشات این بود که شرایط اقلیمی در این فصل ها بحرانی تر بود. وقوع حداکثر دما و علاوه بر این در این دوره های زمانی، بیشترین نیاز به آبیاری و استفاده به سیستم آبیاری مشاهده می شود.

مواد و روشها

آب مورد نیاز آزمایشات دانشگاه از شبکه آبیاری فضای سبز دانشگاه تأمین می گردید، جهت تأمین فشار و انتقال آب به محل آزمایش، از یک پمپ محوری فشار قوی مدل CKM 120-35 با قدرت 2 اسب بخار، ساخت شرکت آرمفیلد بادور موتور 2850 دور در دقیقه استفاده شد. جهت تنظیم و کنترل دقیق فشار از یک فشارسنج 6-0 اتمسفر، که در 5 متری آبیاش نصب شده بود. آبیاش مورد استفاده در این طرح، آبیاش اسپری بود. این آبیاش از جمله آبیاش های بسیار متداول در سیستم های آبیاری بارانی فضای سبز است. آبیاش های اسپری کننده شعاع پرتاب محدودی دارند بطوریکه معمولاً حداکثر شعاع پرتاب آنها بین 14 تا 15 فوت یا 4/57 تا 4/88 متر، و هم چنین فشار کارکرد بین 1/4 تا 2/8 اتمسفر و شدت پاششهای بین 53 تا 67 میلی متر بر ساعت را دارا می باشند. در انجام آزمایش از سه فشار کارکرد 2/2، 2/8 و 2/4 اتمسفر استفاده گردید، انواع نازل های مورد استفاده در انجام آزمایش: 1- نازل با شعاع پرتاب 2/1 متر (قهوه ای رنگ، 7A)، 2- نازل با شعاع پرتاب 3 متر (قرمز رنگ، 10A)، 3- نازل با شعاع پرتاب 3/7 متر (سبز رنگ، 12A)، 4- نازل با شعاع پرتاب 4/6 متر (سیاه

رنگ، 15A) و 5- نازل با شعاع پرتاب 5/2 متر (خاکستری رنگ، 17A). آب مورد نیاز آزمایشات بلوار شهید منتظری از شبکه آبیاری فضای سبز بلوار تأمین می گردید، جهت تأمین فشار و انتقال آب به محل آزمایش، از یک پمپ محوری فشار قوی مدل WKL 80 با قدرت 25 اسب بخار، ساخت شرکت پمپیران بادور موتور 1450 دور در دقیقه استفاده شد. در انجام آزمایش از آبیپاش اسپری کارخانه Hunter، و نازل با شعاع پرتاب 3/7 متر (سبز رنگ، 12A) و فشار کارکرد 2 اتمسفر که توسط سازمان پارکها در بلوار تعبیه شده بود، استفاده گردید برای تعیین مقدار آب پخش شده از آبیپاش در دانشگاه با توجه به حداکثر شعاع پاشش، زمینی مربعی به ضلع 12 متر به شبکه های 0/75×0/75 متر تقسیم بندی شد. بر روی هر گره یک قوطی لبه تیز آلومینیومی با قطر بالایی 10 و ارتفاع 10/5 سانتی متر قرار داده شد. به منظور بررسی مقدار آب پاشش شده از آبیپاش در بلوار شهید منتظری قطعه زمینی از یک شیفت آبیاری در بلوار انتخاب گردید، این زمین به شبکه های مربعی 0/5×0/5 متر تقسیم شد. آبیپاش ها در قطعه زمین مورد نظر قبلاً توسط سازمان پارکها تعبیه شده بودند، بعد از 2-1/5 ساعت کار سیستم، پمپ خاموش شده و بلافاصله حجم آب جمع شده در هر قوطی قرائت می شد. حجم جمع شده با توجه به قطر بالایی قوطی تبدیل به عمق آب می شد. به منظور لحاظ کردن اثر تبخیر بر عمق آب داخل قوطی ها، تعدادی قوطی با مقدار آب مشخص به عنوان شاهد در نظر گرفته می شود و در پایان آزمایش در صورت کسری شدن آب از آن ها، آن مقدار به مقادیر قرائت شده اضافه می شد. در این تحقیق تعداد 8 قوطی مشابه با قوطی های جمع آوری آب بدین منظور مورد استفاده قرار گرفت. جهت اندازه گیری پارامترهای اقلیمی در دانشگاه از ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی که به محل آزمایش نزدیک بود استفاده شد و جهت اندازه گیری پارامترهای اقلیمی بلوار از سایکرومتر آسمن و دودعد بادسنج سه فنجان استفاده شد.

معیارهای مقایسه و عملکرد:

جهت بررسی و تحلیل آماری بین تلفات تبخیر و بادبردگی بدست آمده در رابطه کلی چند متغیره بدست آمده و مقادیر مشاهده شده از شاخص های انحراف معیار (S)، متوسط درصد نسبی اختلاف (MRPD) و میانگین مطلق خطا (MAE) استفاده گردید (رابطه های 1، 2 و 3):

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad x_i = X_{predi} - X_{obs} \quad (1)$$

$$MRPD = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{X_{predi} - X_i}{X_{obs}} \right| \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |X_{predi} - X_{obs}| \quad (3)$$

این رابطه ها X_{obs} و n به ترتیب مقادیر برآورد شده تلفات تبخیر و بادبردگی، مقادیر مشاهده شده تلفات تبخیر و بادبردگی و تعداد کل مشاهدات می باشد. جهت یافتن یک رابطه منطقی بین میزان تلفات تبخیر و بادبردگی با پارامترهای اثر گذار روی آن از انواع معادلات در نرم افزار SPSS استفاده شد. جهت تعیین بهترین معادله توصیف کننده رابطه بین پارامترهای اقلیمی و میزان تلفات، علاوه بر مجذور ضریب تعیین (R^2)، از آماره خطای استاندارد برآورد (SEE) هم استفاده شد. هر معادله ای که دارای R^2 بالاتر و SEE کمتر شد انتخاب گردید.

نتایج و بحث

در این بخش از تحقیق نتایج حاصل از انجام کار به ویژه رابطه تلفات تبخیر و بادبردگی با دمای هوا و سرعت باد و پارامترهای سیستمی مانند فشار کارکرد و قطر نازل ارائه شده است. همچنین نتایج روابط تلفات تبخیر و بادبردگی با هر یک از پارامترهای فوق الذکر بر اساس معیارهای عملکرد آمده است. ضمناً سعی شده تا روابط بین تلفات تبخیر و بادبردگی و پارامترهای مورد بحث در هر آزمایش از لحاظ آماری ارائه شود هم چنین نتایج کلی تحقیق در دو بخش مجزا برای تک آبیپاش و شرایط واقعی در بلوار شهید منتظری مشهد، مورد بحث قرار گرفته است.

پارامترهای هواشناسی از جمله پارامترهای مهم در مطالعات تلفات تبخیر و بادبردگی است که مقادیر آنها جهت تخمین تلفات تبخیر و بادبردگی مورد استفاده قرار می گیرد، عواملی مانند دما، سرعت باد و رطوبت نسبی که اندازه گیری این پارامترها نقش مهم و تعیین کننده ای در میزان تلفات تبخیر و بادبردگی ایفا می کند.

بررسی اثر سرعت باد بر تلفات تبخیر و بادبردگی کل نازل ها

جهت به دست آوردن روابط بین تلفات تبخیر و بادبردگی و سرعت باد با انجام آزمایشات صحرایی روابط بین تلفات تبخیر و بادبردگی و سرعت باد در نازل های مختلف به دست آمد (جدول 1).

جدول 1- روابط بین تلفات تبخیر و بادبردگی و سرعت باد در نازل های مختلف

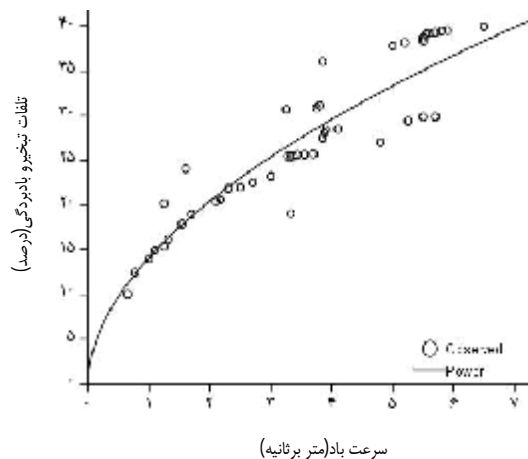
نوع نازل	معادله	ضریب همبستگی (R ²)	خطای استاندارد برآورد (SEE)
نازل 7A	$WDEL = 13/548U^{0/581}$	0/83	0/131
نازل 10A	$WDEL = 14/222U^{0/492}$	0/93	0/096
نازل 12A	$WDEL = e^{(3/331 - \frac{0/635}{u})}$	0/88	0/111
نازل 15A	$WDEL = 13/58e^{0/195u}$	0/96	0/049
نازل 17A	$WDEL = 17/42e^{0/133u}$	0/90	0/075

روابط جدول فوق نشان می دهد که تلفات تبخیر و بادبردگی با افزایش سرعت باد در کل نازلها در حال افزایش است. هم چنین با افزایش سرعت باد نازل 12A کمترین میزان افزایش تلفات تبخیر و بادبردگی را نشان داده و نازل 17A بالاترین مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی را نشان می دهد.

با بررسی اثر سرعت باد بر روی تلفات تبخیر و باد به دست آمده از کلیه مقادیر آزمایشات صحرایی نازل های مختلف در شرایط جوی متفاوت در نرم افزار SPSS، مشخص شد که معادله توانی بهترین برازش را در نتایج خروجی دارد (رابطه 4):

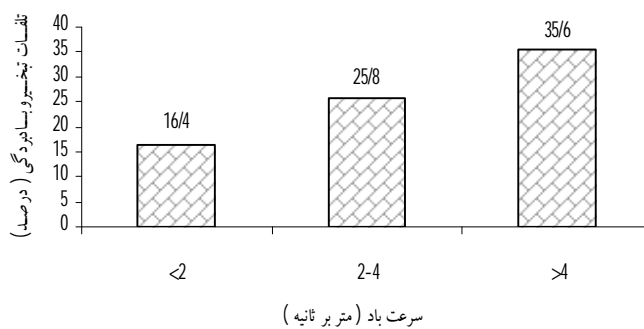
$$WDEL = 14/116U^{0/534} \quad (R^2 = 0/88, SEE = 0/119) \quad (4)$$

که، WDEL درصد تلفات تبخیر و بادبردگی و U سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه می باشد. همانطور که انتظار می رفت و در رابطه (4) و شکل (1) نشان داده شده است، تلفات تبخیر و باد بردگی با افزایش سرعت باد افزایش می یابد. لازم به ذکر است که شیب شکل در سرعت های کمتر و بالاتر از حدود 4 متر بر ثانیه متفاوت بوده، به نحوی که در ابتدا تا سرعت باد 4 متر بر ثانیه نرخ افزایش تلفات تبخیر و بادبردگی نسبت به سرعت های بالاتر از 4 متر بر ثانیه بیشتر است.



شکل 1- اثر سرعت باد بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

شکل (2) نشان دهنده مقدار متوسط تلفات تبخیر و بادبردگی در دامنه های مختلف سرعت باد می باشد. همانطور که در این شکل مشخص است مقدار تلفات در سرعت بادهای بیشتر از 4 متر بر ثانیه، حدود 36% است. هم چنین مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی برای این دامنه سرعت باد، بیش از دو برابر مقدار تلفات در سرعت بادهای کمتر از 2 متر بر ثانیه می باشد.



شکل 2 - اثر سرعت باد بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر دمای هوا بر تلفات تبخیر و بادبردگی کل نازل ها

با استفاده از آزمایشات صحرائی بین نازل‌های مختلف و دمای هوا روابط بین نازل‌های مختلف و دمای هوا بدست

آمد (جدول 2)

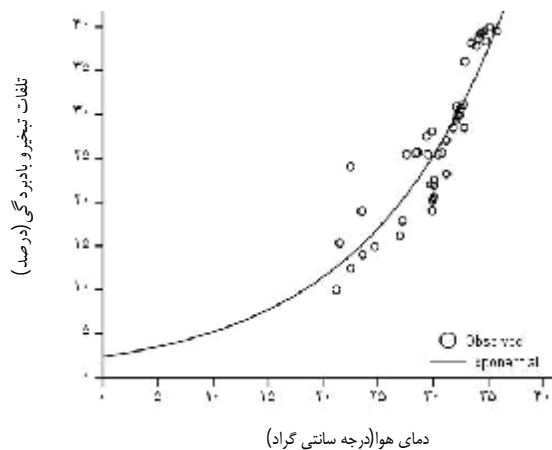
جدول 2- روابط بین تلفات تبخیر و بادبردگی و دمای هوا در نازل های مختلف

خطای استاندارد برآورد (SEE)	ضریب همبستگی (R ²)	معادله	نوع نازل
0/116	0/86	WDEL = 3/228 e ^{0/07t}	نازل 7A
0/055	0/97	WDEL = 1/352 e ^{0/095t}	نازل 10A
0/083	0/94	WDEL = 2/021 e ^{0/078t}	نازل 12A
0/1	0/87	WDEL = 3/72 e ^{0/067t}	نازل 15A
0/113	0/77	WDEL = 7/409 e ^{0/046t}	نازل 17A

روابط بدست آمده نشان دهنده رابطه مستقیم بین مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی و دمای هوا می باشد. رابطه بین تلفات تبخیر و بادبردگی با دمای هوا با استفاده از کلیه آزمایشات صحرائی صورت گرفته روی نازل های مختلف در نرم افزار SPSS، انجام و رابطه زیر بدست آمد (رابطه 5):

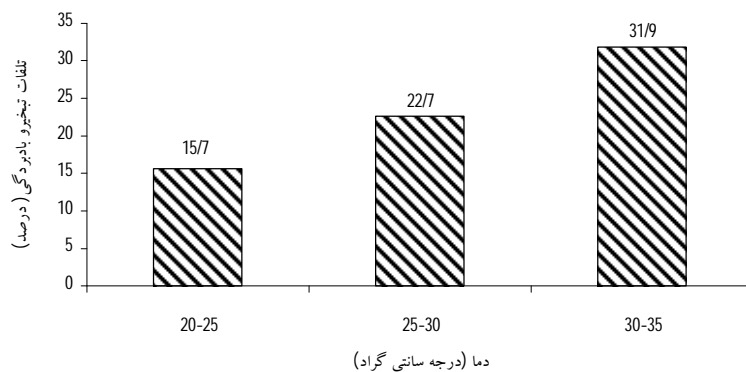
$$WDEL = 2/361 e^{0.079T} \quad (R^2 = 0.80, SEE = 0.106) \quad (5)$$

که در این رابطه T دمای هوا بر حسب درجه سانتی گراد است. همان طور که شکل (3) نشان می دهد درجه حرارت محیط رابطه مستقیمی با میزان تلفات تبخیر و بادبردگی دارد، به گونه ای که اگر دمای هوا از 30 درجه سانتی گراد بیشتر رود، میزان تلفات تبخیر و بادبردگی از 25% بیشتر می شود.



شکل 3- اثر دمای هوا بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

شکل (4) نیز مقادیر متوسط تلفات تبخیر و بادبردگی را برای سه دامنه دمای 25-30، 30-35، 35-40 درجه سانتی گراد نشان می دهد. همان طور که در این شکل مشهود است با افزایش دما، مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی افزایش می یابد، به گونه ای که شیب این تغییرات برای افزایش به دمای 25-30 حدود 45% و برای افزایش به 30-35، حدود 41% می باشد.



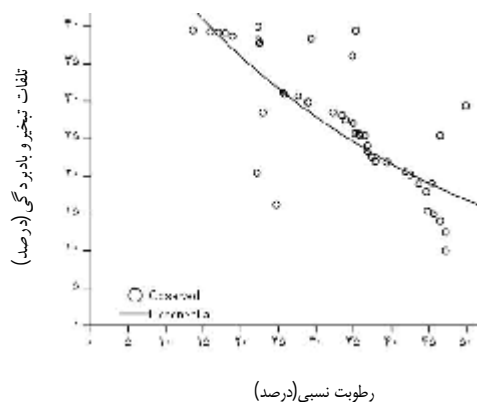
شکل 4 - اثر دمای هوا بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر رطوبت نسبی بر تلفات تبخیر و بادبردگی کل نازل ها

با توجه به تحقیقات صورت گرفته مشخص شده است که رابطه معکوسی بین رطوبت نسبی با میزان تلفات تبخیر و بادبردگی وجود دارد. به عبارت دیگر با کاهش رطوبت نسبی محیط، میزان تلفات تبخیر و بادبردگی افزایش پیدا می کند. نتایج بررسی برآزش معادلات مختلف بین رطوبت نسبی و تلفات تبخیر و باد نشان می دهد که بهترین رابطه توصیف کننده به صورت رابطه زیر می باشد (رابطه 6):

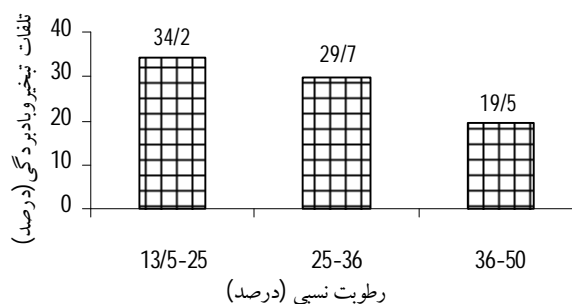
$$WDEL = 0.9/87e^{-0.20RH} \quad (R^2 = 0.53, SEE = 0.23) \quad (6)$$

که در این رابطه RH درصد رطوبت نسبی هوا می باشد. شکل (4) نیز رابطه تلفات تبخیر و بادبردگی با رطوبت نسبی هوا را نشان می دهد همانطور که در این شکل مشاهده می شود با افزایش میزان درصد رطوبت نسبی هوا میزان تلفات تبخیر و بادبردگی کاهش می یابد (رابطه 6) نیز نشان می دهد که رابطه بین درصد رطوبت نسبی هوا و تلفات تبخیر و بادبردگی رابطه معکوس می باشد.



شکل 4- اثر رطوبت نسبی بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

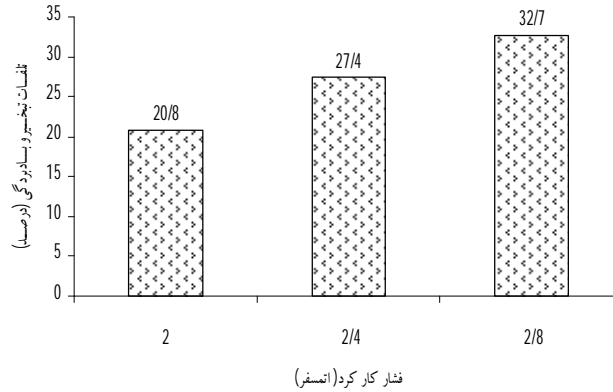
شکل (5) معرف مقدار متوسط تلفات تبخیر و بادبردگی در دامنه های مختلف رطوبت نسبی هوا می باشد. همان طور که در شکل مشخص است در مقادیر نسبی کمتر از 25%، تلفات از 30% فزونی می یابد و لذا کارایی مصرف آب کاهش خواهد یافت.



شکل 5- اثر رطوبت نسبی هوا بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر فشار کارکرد بر تلفات تبخیر و بادبردگی

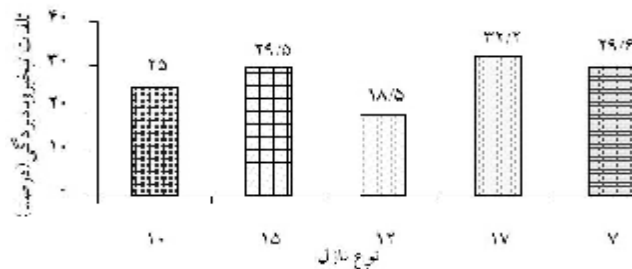
در این تحقیق جهت بررسی تاثیر پارامتر فشار بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی، سه فشار کارکرد 2/8 و 2/4 و 2/8 اتمسفر مورد بررسی واقع شدند. با توجه به شکل (6) که بر اساس مقدار میانگین کلیه فشارها ترسیم شده است مشخص می شود که به طور کلی افزایش فشار باعث افزایش میزان تلفات تبخیر و باد شده است که این نتیجه مطابق با نتایج مطالعات قبلی است. دلیل این امر نیز این است که با افزایش فشار کارکرد، قطرات خارج شده از آبیاش کوچکتر شده و باعث برهم زدن الگوی پخش آب از آبیاش خواهند شد.



شکل 6 - رابطه فشار کارکرد با مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر نوع نازل بر تلفات تبخیر و بادبردگی

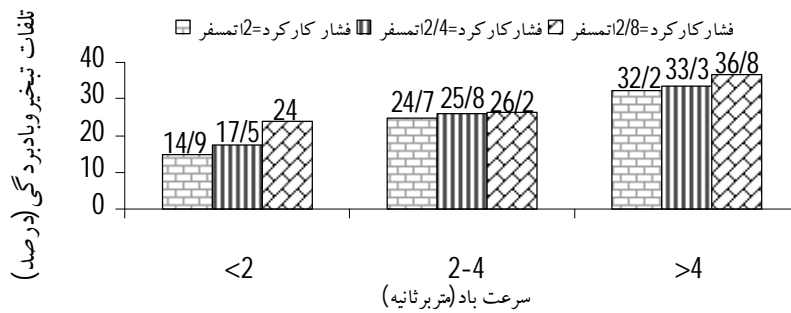
جهت بررسی تاثیر نوع نازل بر میزان تلفات تبخیر و باد در این تحقیق پنج نوع نازل مورد بررسی قرار گرفته است. رابطه بین نوع نازل بر مقدار تلفات تبخیر و باد بردگی در شکل (7) نشان داده شده است. تلفات ارائه شده در این شکل متوسط یکنواختی تمام نازلها برای اندازه های مورد نظر است. با توجه به شکل مشخص می شود که میزان تلفات در نازل های 7A، 17A و 15 از 25% بیشتر می شود، لذا حتی الامکان از کاربرد این نازلها در طراحی سیستم های آبیاری بارانی پرهیز شود.



شکل 7 - رابطه نوع نازل با مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثرات متقابل فشار کارکرد و سرعت باد

به منظور بررسی اثر متقابل فشار و سرعت باد، از مقادیر تلفات تبخیر و باد برای 3 فشار به تفکیک سه دامنه سرعت باد، میانگین گیری شده و نتایج در شکل (8) آورده شده است. همان طور که در این شکل ملاحظه می شود با افزایش سرعت باد، مقدار تلفات در هر سه فشار افزایش پیدا کرده است. هم چنین برای هر رده سرعت باد، با افزایش فشار تلفات نیز افزایش یافته است.



شکل 8 - اثر متقابل سرعت باد و فشار کارکرد بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

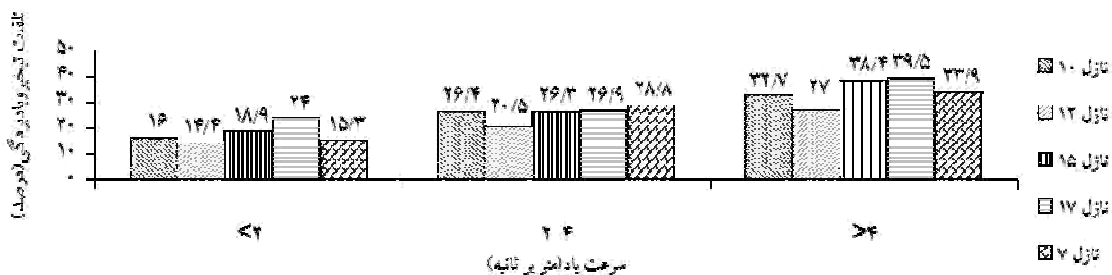
رابطه بین فشار کارکرد آبپاش و سرعت باد بر تلفات تبخیر و بادبردگی بدست آمد (رابطه 7).

$$WDEL = 4/46 + 4/30U + 2/99P \quad (7)$$

همانطور که در رابطه (7) مشاهده می شود اثر دو متغیر فشار کارکرد و سرعت باد روی میزان تلفات تبخیر و بادبردگی اثر مثبت است بدین صورت که با افزایش توأم هر دو متغیر نرخ افزایش میزان تلفات تبخیر و بادبردگی بیشتر می شود.

بررسی اثرات متقابل سرعت باد و نوع نازل

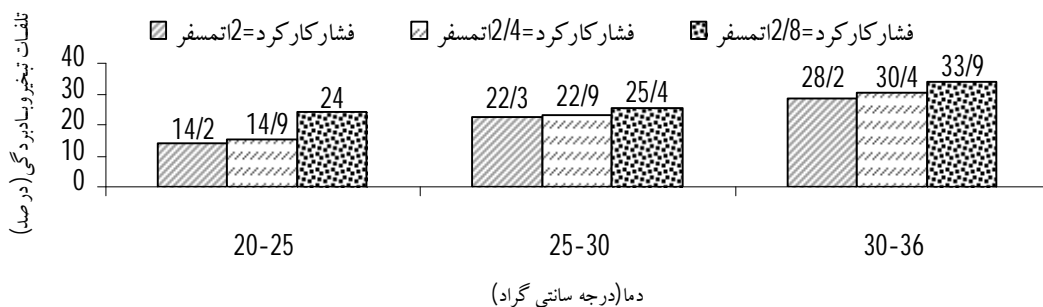
در شکل (9) اثر متقابل سرعت باد و نوع نازل آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود در کلیه نازلها، با افزایش سرعت باد مقدار تلفات نیز افزایش می یابد هم چنین در کلیه رده های سرعت باد، مقدار تلفات برای سه نازل 7A، 10A و 15A بیشتر بوده و مقدار تلفات برای نازلهای 10A و 12A کمتر می باشد.



شکل 9 - اثر متقابل سرعت باد و نوع نازل بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر متقابل دمای هوا و فشار کارکرد

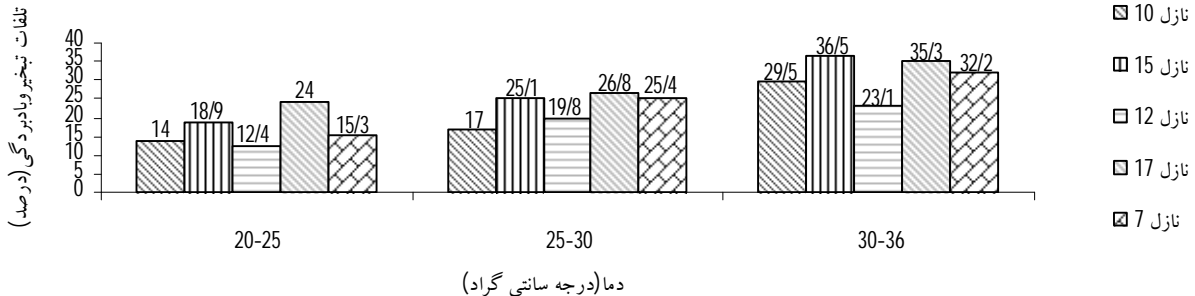
مشابه با نتایج به دست آمده از بررسی تأثیر متقابل سرعت باد و فشار کارکرد سیستم، برای هر رده فشار، تلفات با افزایش دما افزایش یافته است. به طوری که با افزایش دما، میزان تبخیر کنندگی هوا افزایش یافته و مقدار تلفات تبخیری افزایش می یابد. علاوه بر این برای هر رده دما، مقدار تلفات با افزایش فشار کارکرد افزایش می یابد. لذا می توان نتیجه گرفت در مناطقی که دمای هوا بالاست آبیاری با فشارهای بالا صورت نگیرد، زیرا در فشارهای بالا قطرات آب خارج شده از آبپاش کوچکتر بوده و سطح تبخیر شونده افزایش یافته و در نتیجه مقدار آب هدر رفته به صورت تبخیر بیشتر خواهد بود (شکل 10).



شکل 10 - اثر متقابل دمای هوا و فشار کارکرد بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر متقابل دمای هوا و نوع نازل

شکل (11) نشان دهنده اثر متقابل دمای هوا و نوع نازل بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی می باشد. همان طور که در این شکل مشخص است برای کلیه نازل ها، با افزایش دما، مقدار تلفات افزایش می یابد. این امر به دلیل تأثیر مستقیم دما بر پدیده تبخیر می باشد. علاوه بر این در هر رده دما، در نازل های 7A، 17A و 15A میزان تلفات تبخیر و بادبردگی نشان می دهد.



شکل 11- اثر متقابل دمای هوا و نوع نازل بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر متقابل فشار کارکرد و نوع نازل

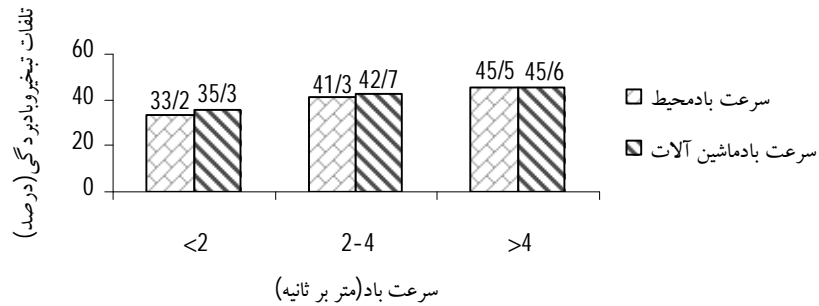
شکل (12) معرف اثر متقابل فشار کارکرد و نوع نازل بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی می باشد. همان گونه که مشاهده می شود مقدار تلفات برای هر نوع نازل با افزایش فشار کارکرد افزایش نشان داده است، علاوه بر این در هر رده فشار در نازل های 7A، 15A و 17A میزان تلفات افزایش یافته است. لذا توصیه می شود تا حد امکان از کاربرد نازل های مزبور، به منظور کاهش تلفات تبخیر و باد اجتناب شود. با این حال می توان از این شرایط، جهت آبیاری شبانه در صورت اجبار استفاده کرد.



شکل 12- اثر متقابل فشار کارکرد و نوع نازل بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی اثر متقابل سرعت باد محیط و سرعت باد ماشین آلات

شکل (13) معرف اثر متقابل سرعت باد محیط و سرعت باد ماشین آلات بر مقدار تلفات تبخیر و باد می باشد. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش سرعت باد مقدار تلفات افزایش می یابد. علاوه بر این، مقدار تلفات برای هر رده سرعت با افزایش تلفات در ماشین آلات نسبت به محیط نشان داده است، هم چنین در سرعت باد کمتر از 2 متر بر ثانیه شیب تغییرات بین سرعت باد محیط و ماشین آلات حدود 6/3% و در سرعت بادهای بیشتر از 4 متر بر ثانیه کمتر و حدود 0/2 درصد، لذا توصیه می شود تا حد امکان از کاربرد آبیاری ها در نزدیک محل حرکت ماشین آلات، به منظور کاهش تلفات تبخیر و باد اجتناب شود.



شکل 13- اثر متقابل سرعت باد ماشین آلات و محیط بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

بررسی معادلات چند متغیره در محیط نرم افزاری SPSS انجام گرفت و با برازش معادلات مختلف معادله رگرسیون زیر بدست آمد:

$$WDEL = 3/14 + 0/473T + 2/91U + 1/31P - 0/16RH + 0/246R; R^2 = 90/3\% \quad (8)$$

در رابطه بالا تلفات تبخیر و بادبردگی (WDEL) بر حسب درصد، دمای هوا (T) بر حسب درجه سانتی گراد، سرعت باد (U) بر حسب متر بر ثانیه، فشار کار کرد (P) بر حسب اتمسفر، رطوبت نسبی (RH) بر حسب درصد شعاع پاشش آبپاش (R) می باشد. جهت بدست آوردن تلفات تبخیر و بادبردگی بایستی تأثیر کلیه پارامترها را روی میزان تلفات تبخیر و بادبردگی در نظر گرفته و با استفاده از اندازه گیری های که در بلوار انجام گرفته به یک رابطه کلی برای برآورد تلفات تبخیر و بادبردگی دست یافت، بدین منظور رابطه خطی بین دمای هوا و رطوبت نسبی و سرعت باد محیط و سرعت باد ماشین آلات بدست آمد (رابطه 9).

$$WDEL = 14/6 + 0/596T - 0/189RH + 3/29U_p + 1/85U_b; R^2 = 93/1\%$$

در معادله بالا دمای هوا (T) بر حسب درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی (RH) بر حسب درصد، سرعت باد محیط (بادسنج بالایی) (U_b) و سرعت باد ماشین آلات (بادسنج پایینی) (U_p) بر حسب متر بر ثانیه می باشد. بابررسی معادلات به دست آمده با معادلات ارائه شده در تحقیقات پیشین مشاهده می شود که کمترین مقدار آماره ها مربوط به معادله استخراجی در این تحقیق می باشد، و در مرحله بعدی معادله مونتر و کمترین مقدار ارائه شده است (جدول 3).

جدول 3- نتایج محاسبه آماره های مختلف برای معادلات مورد بررسی

معادله	S	MRPD	MAE	d(mean)
تیرمر	2.85	10.53	2.1	1.1
مونتر و	2.62	8.05	1.9	0.11
یازار	2.99	9.9	2.33	1.49
دایلا و شول	3.38	10.53	2.74	2.1
معادله ارائه شده	2.6	7.5	1.9	0.004

مقادیر سرعت باد نسبت به دیگر پارامترهای اندازه گیری شده نشان می دهد که این پارامتر نقش بسیار مهمی در میزان تلفات تبخیر و بادبردگی ایفا کرده و باعث کاهش یکنواختی و راندمان آبیاری می شود. با بررسی های صورت گرفته بهترین نازل در بین نازلهای به کار گرفته شده نازل (12A) بود. همانطور که قبلاً اشاره شد هدف استفاده از آبیاری بارانی افزایش راندمان آب در آبیاری است. این سیستم زمانی مفید خواهد بود که در راستای افزایش یکنواختی توزیع و پخش آب به کار گرفته شود. با توجه به نتایج بدست آمده در صورت امکان از آبپاشهای با نازل (12A) استفاده شود، هم چنین حتی الامکان از بلوک های با ارتفاع

زیاد در فضای سبز بلوارها و یا افزایش فاصله آبپاشها از محل عبور و مرور ماشین آلات بهره گرفته شود. با عنایت به اینکه در روز نسبت به شب سرعت باد بیشتر است، لذا از آبیاری در روز خودداری و در شب انجام شود.

نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری

معادلات مختلفی برای محاسبه میزان تلفات تبخیر و بادبردگی استخراج شد از بین معادله های استخراج شده معادله ای که میزان تلفات تبخیر و بادبردگی را واقعی تر برآورد می نماید استخراج گردید.

معادله زیر برای برآورد میزان تلفات تبخیر و بادبردگی در حالت دانشگاه (بدون ماشین آلات) ارائه شده است:

$$WDEL=3/14+0/473T+2/91U+1/31P-0/160RH+0/246R$$

در معادله بالا تلفات تبخیر و بادبردگی (WDEL) بر حسب درصد، دمای هوا (T) بر حسب درجه سانتی گراد، سرعت باد (U) بر حسب متر بر ثانیه، فشار کارکرد (P) بر حسب اتمسفر، رطوبت نسبی (RH) بر حسب درصد و شعاع پاشش آبپاش (R) بر حسب فوت می باشد.

جهت مقایسه بین تلفات تبخیر و بادبردگی در حالت وجود ماشین آلات رابطه زیر ارائه شده است

$$WDEL=14/6+0/596 T-0/189 RH+3/29 U_p+1/85 U_b$$

در معادله بالا سرعت باد محیط (بادسنج بالایی) (U_b) و سرعت باد ماشین آلات (بادسنج پایینی) (U_p) بر حسب متر بر ثانیه می باشد. مقادیر سرعت باد نسبت به دیگر پارامترهای اندازه گیری شده نشان می دهد که این پارامتر نقش بسیار مهمی در میزان تلفات تبخیر و بادبردگی ایفا کرده و باعث کاهش یکنواختی و راندمان آبیاری می شود. با بررسی توأم دو رابطه کلی بدست آمده ثابت شد که میزان تلفات تبخیر و بادبردگی حدود 8 درصد به علت اثر عبور ماشین آلات بیشتر شده است، همچنین بهترین نازل در بین نازل های به کار گرفته شده نازل (12A) شد.

پیشنهادات

همانطور که بیان شد هدف استفاده از آبیاری بارانی افزایش راندمان آب در آبیاری است. این سیستم زمانی مفید خواهد بود که در راستای افزایش یکنواختی توزیع و پخش آب به کار گرفته شود. بنابراین برای نیل به اهداف فوق استفاده کارآمد از این سیستم پیشنهادات زیر ارائه می شود.

- 1- با توجه به تحقیقات انجام شده و نتایج موجود شرایط برای تحقیق در بلوارهای دیگر شهر مشهد فراهم است، بنابراین کنترل معادلات و روابط ارائه شده در سطح شهر مشهد توصیه می شود.
- 2- تحقیقات انجام شده بر روی نازل های اسپری ارائه شده، بوجه علت اینکه در سطح بلوارهای شهر مشهد از آبپاشهای روتاری نیز بهره گرفته شده است، بنابراین توصیه می شود تحقیقات بر روی این آبپاشها نیز انجام شود.
- 3- با توجه به نتایج بدست آمده در صورت امکان از آبپاشهای با نازل (12) استفاده شود، هم چنین حتی الامکان از بلوکه های با ارتفاع زیاد در فضای سبز بلوارها و یا افزایش فاصله آبپاشها از محل عبور و مرور ماشین آلات بهره گرفته شود.
- 4- با عنایت به اینکه در روز نسبت به شب سرعت باد بیشتر است، لذا از آبیاری در روز خودداری و در شب انجام شود.

منابع

- 1- علیزاده، الف. 1381. طراحی سیستم های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد. 656 صفحه.
- 2- رحیم زادگان، ر. 1375. طراحی سیستم های آبیاری بارانی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. 280 صفحه.
- 3- کشکولی، ح. ع. و باوی، ع. و وائلی زاده، م. 1385. استفاده از روش EC سنجی برای تعیین تلفات تبخیر و باد در آبیاری بارانی، محل انتشار اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی.

- 4- شیخ اسماعیلی، الف. 1385. ارائه روابط تخمین تلفات تبخیر و بادبردگی در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در مناطق نیمه خشک، محل ارائه سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار.
- 5-Abo-Ghobar, H.M., 1992. Losses from low –pressure center –pivot irrigation systems in a desert climate as affected by nozzle height. *Agric. Water Management*. 21(1,2):23-32.
- 6-Arshad Ali, S.M. and A.D. Barefoot, 2001. Sprinkler distribution patterns as affected by pressure and wind. *Agric. Mech. in Asia, Africa and Latin America*, 15 (2): 49-52.
- 7-Keller, J. and R.D. Bliesner, 1990. *Sprinkler and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold, New York, NY. USA. 652PP.
- 8-Frost, K.R. and Schwalon, H.C. 1955. Sprinkler evaporation losses. *Agric. Eng.* 36(8): 526-528.
- 9-McLean, R.K., Sri Ranjan, R., and G.Klassen, 2000. Spray evaporation losses from sprinkler irrigation systems. *Can. Agric. Engr.* 42(1):1-8.
- 10-Pair, C.H., 1968. Water distribution under sprinkler irrigation, *Trans. of the ASAE*, 11(5):648-651.
- 11-Yazar, A., 2000. Evaporation and drift losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. *Agric. Water Management*. 8:439-449.
- 12-Tarjuelo, J.M., Montero, J., Carrion, P., Honrubia, F.T., Ortiz, J. and M.A.Calvo, 1999. a: irrigation uniformity with medium size sprinklers. Part II. Influence of wind and other factors on water distribution. *Transe. of the ASAE*, 42(3):677- 689.
- 13-Lorenzini, G, 2004. Air temperature effect on spray evaporation in sprinkler irrigation. *Irrig. and Drain.* 51(4):301-309.
- 14-Seginer, I, and M.Kostrnsky, 1975. WIND, sprinkler patterns and system design. *J. of Irrig. And Drain.*, ASCE, 101(IR4):251-264
- 15-Kincaid, D.C., Solomon, K.H., and J.C. Oliphant. 1999. Drop size distributions for irrigation sprinklers. *Trans. of the ASAE*, 39:839-845.