

# مطالعه پتانسیل اثرات تبخیر و بادبردگی بر کارایی سیستم‌های آبیاری بارانی در

## دشتهای کشاورزی استانهای خراسان رضوی، شمالی و جنوبی

مریم عرفانیان - امین علیزاده\* - محمد موسوی بایگی - حسین انصاری - جواد باغانی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۶/۷/۱

تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۰/۱۱

### چکیده

در انواع سیستم‌های آبیاری، آب در طی عملیات ذخیره، توزیع و کاربرد در مزرعه به هدر میرود که در سیستم‌های آبیاری بارانی، به دلیل تاثیر متغیرهای اقلیمی بر قطرات پخش شده در هوا، قسمت عمده هدررفت را جزء سوم، یعنی به صورت تلفات تبخیر و بادبردگی از هنگام خارج شدن آب از آبپاش تا رسیدن به خاک در ناحیه ریشه تشکیل می‌دهد. تلفات تبخیر و بادبردگی در مناطق خشک و نیمه خشک و بادخیز بسیار زیاد بوده و باعث کاهش راندمان و کارایی سیستم آبیاری بارانی می‌شود. این مطالعه به منظور بررسی تلفات تبخیر و بادبردگی سیستم‌های آبیاری بارانی در استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی و ارائه معادله رگرسیون چند متغیره جامع، جهت برآورد مقدار تلفات و محاسبه راندمان کلی سیستم‌ها صورت گرفته است. آزمایشات مربوطه در محل مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد بر روی یک آبپاش VYR 35 دو نازله در فشارهای متداول طراحی ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ کیلو پاسکال و اندازه‌های نازل  $3.32'' \times 9.64''$  و  $3.32'' \times 11.64''$  و  $3.32'' \times 13.64''$  صورت گرفته است. نتایج نشان داد که با افزایش پارامترهای فشار، سرعت باد و دمای هوا و کاهش رطوبت نسبی و اندازه قطر نازل مقدار تلفات افزایش می‌یابد. نتایج نقشه‌های پهنه بندی مقدار تلفات برای استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی نشان می‌دهد که در کلیه فشارهای مورد مطالعه، مقدار تلفات از شمال به جنوب منطقه و در نواحی شرقی و غربی افزایش نشان می‌دهد، به طوری که بدترین شرایط در شهرهای سبزوار، تربت جام، تایباد و نهبندان، به دلیل زیاد بودن سرعت باد و دمای هوا و همچنین کم بودن رطوبت نسبی اتفاق افتاده است. بر اساس نتایج بررسی تاثیرات متقابل پارامترهای فشار و قطر، توصیه می‌شود از کاربرد قطرهای کوچک با فشار زیاد، خصوصاً در مناطق بادخیز به منظور کاهش تلفات تبخیر و بادبردگی پرهیز شود. همچنین جهت دستیابی به یکنواختی توزیع بالا و کاهش تلفات تبخیر و بادبردگی در شرایطی که سرعت باد از ۴ متر بر ثانیه تجاوز می‌کند، از به کارگیری سیستم آبیاری بارانی اجتناب شود و یا زمان کار سیستم به شب موکول گردد.

واژه‌های کلیدی: فشار کارکرد، قطر نازل، سرعت باد، تلفات تبخیر و بادبردگی، پهنه بندی

### مقدمه

خصوصاً سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند یکی از راه‌حلهای کاهش آثار مشکل کمآبی به حساب آید (۴). آبیاری بارانی از جمله سیستم‌های آبیاری تحت فشار است که به عنوان یک سیستم آبیاری با پتانسیل به دست آوردن راندمان بالا مطرح است. در آبیاری بارانی، توزیع آب در هوا به صورت قطرات ریز و باران مانند بوده که بر اثر جریان تحت فشار آب از میان روزنه‌های کوچک به وجود می‌آیند. قطرات آب از هنگام خارج شدن از نازل تا رسیدن به سطح زمین تحت تاثیر عوامل جوی قرار گرفته که در برخی مواقع، قسمتی از مجموعه قطرات خروجی تحت تاثیر نیروی باد از سطح قابل توزیع یک آبپاش یا مجموعه آبپاش‌ها خارج

با توجه به میانگین بارندگی کل کشور که حدود یک سوم میانگین بارندگی جهان است، کمبود آب به طور جدی کشاورزی ما را تهدید میکند. محدودیت منابع آب از یک طرف و مساله افزایش جمعیت از طرف دیگر، استفاده بهینه از آب و افزایش بازده آبیاری را به منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی جهت تامین غذا ضروری می‌نماید. استفاده منطقی از آب در کشاورزی به منظور افزایش تولید محصول و تامین نیازهای اساسی مردم، باید جزء لاینفک برنامه‌های توسعه کشاورزی باشد. در این راستا استفاده از روشهای مکانیزه و سیستم‌های پیشرفته آبیاری،

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، استاد و استادیاران دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و مربی مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد، استان خراسان رضوی

\* نویسنده مسئول Email: Alizadeh@um.ac.ir

شده و نیز بخشی دیگر تحت تاثیر عوامل جوی تبخیر می شوند. هدررفت آب به دو صورت یاد شده را هدررفت ناشی از باد یا بادبردگی و هدررفت ناشی از تبخیر یا تلفات تبخیری گویند (۵). به عبارت دیگر تلفات تبخیر و بادبردگی، اختلاف بین مقدار آب پخش شده از آبپاش ها و مقدار آب جمع شده در قوطی های جمع آوری آب می باشد (۲).

پارامترها و عوامل متعددی بر میزان تلفات تبخیر و بادبردگی موثرند. به طور کلی می توان این عوامل را به دو دسته متغیرهای اقلیمی و سیستمی تقسیم بندی کرد (۱۲، ۱۰، ۷). عوامل موثر بر توزیع آب از آبپاش ها را به سه دسته کلی طراحی آبپاش ها، اندازه، تعداد و طراحی داخلی نازلها و فشار کارکرد تقسیم بندی کرده اند. همچنین در تحقیقی دیگر از عوامل کمبود فشار بخار اشباع، سرعت باد، دمای هوا، تابش خورشیدی، اندازه نازل، فشار کارکرد و اندازه قطرات به عنوان عوامل موثر بر راندمان کاربرد آب در آبیاری بارانی یاد شده است (۱۸).

به طور کلی می توان گفت که سرعت باد، مهمترین عامل محیطی است که می تواند بر کیفیت و عملکرد آبیاری بارانی تاثیر بگذارد (۱۷). در تحقیقی که در شرایط نیمه خشک اسپانیا انجام شده است مشاهده شده است که با افزایش سرعت باد از ۰/۶ به ۶/۲ متر بر ثانیه، مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی از ۶ به ۳۱/۴ درصد افزایش و یکنواختی توزیع سیستم از ۸۹/۸ به ۵۱/۳ درصد کاهش یافته است (۸). همچنین نتایج تحقیق اکبری و رحیم زادگان (۱) نشان داد که با افزایش سرعت باد، یکنواختی توزیع آب کاهش می یابد. این ارتباط تا سرعت باد حدود ۲۰ کیلومتر بر ساعت (۵/۵ متر بر ثانیه) تقریباً خطی بوده و در سرعتهای باد بالاتر، ضریب یکنواختی شدیداً کاهش می یابد. لورنزی با آزمایشاتی نشان داد که اگر دمای هوا از ۲۱ به ۲۷ درجه سانتی گراد تغییر کند، مقدار تلفات از ۴/۱۵ تا ۷/۷۳ درصد تغییر خواهد کرد که این تغییرات، معرف وجود یک رابطه لگاریتمی بین تلفات و دمای هوا، با ثابت بودن بقیه پارامترها می باشد (۱۱). ناصری و لطفی صدیق (۵) با بررسی تاثیر قطرهای مختلف نازل بر مقدار تلفات تبخیر و باد، به این نتیجه رسیدند که اختلاف تاثیر اندازه های قطر دهانه آبپاش بر مقدار هدررفت معنی دار نبوده، ولی تاثیر باد معنی دار شده است. همچنین در ساعاتی از روز با افزایش مقادیر درجه حرارت، کمبود فشار بخار اشباع و با کاهش مقدار رطوبت

نسبی و تشعشع خورشیدی، تلفات افزایش میابد.

هدف اصلی در انتخاب آبپاش ها، پیدا کردن ترکیبی از فاصله آنها، فشار کاری و اندازه نازل برای به دست آوردن میزان مناسب کاربرد آب با بالاترین یکنواختی ممکن است. هر نوع آبپاش، الگوی پاشش خاصی دارد که به اندازه نازل و فشار کارکرد بستگی دارد. Vories et al (۱۳) نیز گزارش کردند که فشار کارکرد آبپاش، اصلی ترین عامل موثر بر توزیع اندازه قطرات آب است. با افزایش فشار کارکرد و یا کاهش اندازه نازل، ذرات آب کوچکتر و حساستر به باد ایجاد می شوند. این قطرات کوچک، به راحتی توسط باد برده شده و در نتیجه باعث تغییر شکل الگوی توزیع آب و غیر یکنواختی سیستم می شوند (۱۷) نیز گزارش کردند که سرعت باد بر روی قطرات کوچکتر بیشتر از قطرات بزرگتر تاثیر می گذارد. گرچه همانطور که ذکر شد آبیاری بارانی به عنوان یک سیستم آبیاری با پتانسیل راندمان بالا مطرح است، اما در مناطق خشک و نیمه خشک و شرایط بادخیز، تلفات تبخیر و بادبردگی می تواند بسیار زیاد بوده و باعث کاهش راندمان سیستم شود (۱۶). لذا با توجه به خشکسالی های اخیر و بحرانی بودن منابع آب استان های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی و همچنین روندها به گسترش استفاده از سیستم های آبیاری بارانی در این استانها، انجام تحقیقاتی در خصوص بهبود شرایط کارکرد سیستم های آبیاری و تناسب بیشتر سیستم های انتخاب شده با اقلیم منطقه تحت آبیاری امری ضروری می نماید. لذا این تحقیق به منظور بررسی پارامترهای اقلیمی و سیستمی موثر بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی سیستم های آبیاری بارانی صورت گرفته است. همچنین ارائه معادله ای جامع که بتواند مقدار تلفات را برآورد کند و پهنه بندی مقدار تلفات برای منطقه مورد مطالعه با توجه به معادله استخراج شده، جهت تعیین مناسبترین مناطق برای اجرای سیستم های آبیاری بارانی، از دیگر اهداف مهم این تحقیق به شمار می رود.

## مواد و روش ها

تحقیق حاضر در محل مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی، ایستگاه طرق واقع در ۵ کیلومتری شرق شهرستان مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶°۱۳ شمالی و طول ۴۰°۵۹ شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، در فصلهای بهار و تابستان سال ۱۳۸۶ صورت گرفته است. به منظور رسیدن به

نسبی اعمال گردید. همچنین جهت کنترل مقادیر اندازه گیری شده پارامترهای اقلیمی، از اطلاعات ساعتی ایستگاه سینوپتیک مشهد که در نزدیکی محل آزمایش واقع شده است استفاده شد و مشاهده گردید که اختلاف این مقادیر با مقادیر اندازه گیری شده در محل آزمایش بسیار ناچیز و حتی صفر می باشد.

پس از اندازه گیری و داده برداریهای لازم برای هر آزمایش، مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی از رابطه زیر به دست می آید (۱۴).

$$WDEL = \frac{q_s \cdot t - 9 \sum_{i=1}^{144} z_i}{q_s \cdot t} \times 100 \quad (1)$$

که در این معادله:

$WDEL$  = تلفات تبخیر و بادبردگی (درصد)

$q_s$  = دبی آبپاش (متر مکعب بر ثانیه)

$t$  = زمان آزمایش (ثانیه)

$z_i$  = عمق آب جمع شده در قوطی  $i$  ام (متر)

۹ = سطح زمین معرف هر قوطی (متر مربع)

در این فرمول، صورت کسر مقدار آبی است که از آبپاش خارج شده، ولی به زمین نرسیده است و مخرج کسر معرف مقدار کل آب خارج شده از آبپاش در طی مدت آزمایش است. لذا با تقسیم این مقادیر، درصد هدررفت آب به صورت تبخیر و بادبردگی قابل محاسبه است.

جهت محاسبات و آنالیزهای آماری از نرم افزارهای Excel 2003 و SPSS 13.0 استفاده شده است. علاوه بر این به منظور پهنه بندی تلفات تبخیر و باد در منطقه مورد مطالعه، از نرم افزار ArcView GIS 3.2 استفاده شده است.

## نتایج و بحث

### - بررسی پارامترهای اقلیمی

بر اساس نتایج به دست آمده از آنالیز واریانس یکطرفه<sup>۱</sup> مشخص شد که سرعت باد، تاثیر معنی داری بر مقدار هدررفت تبخیر و باد دارد ( $p < 0.05$ ). شکل ۱ با در نظر گرفتن مقادیر تلفات تبخیر و باد حاصل از کلیه آزمایشات صحرائی رسم شده است. همانطور که مشخص است مقدار میانگین تلفات در دامنه سرعتهای باد بیشتر از ۴ متر بر ثانیه، حدود ۲۵ درصد شده که

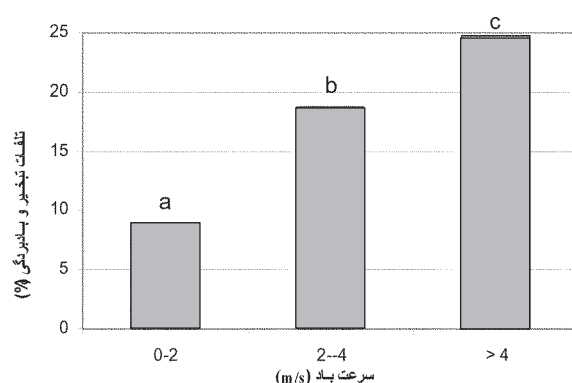
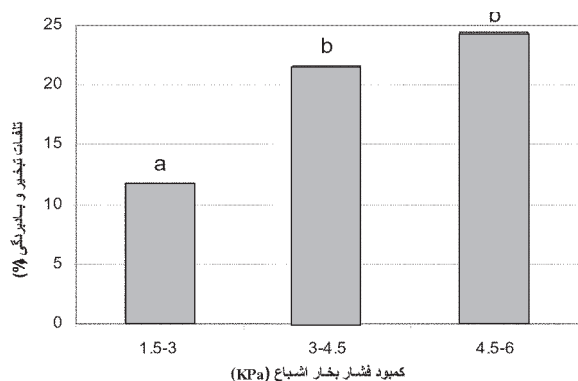
اهداف این تحقیق، آزمایشات فاکتوریل با در نظر گرفتن دو فاکتور فشار کارکرد آبپاش (با سه سطح ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ کیلو پاسکال) و اندازه قطر نازل (با سه سطح ۳/۳۲'' × ۹/۶۴، ۳/۳۲'' × ۱۱/۶۴ و ۳/۳۲'' × ۱۳/۶۴) با سه تکرار، در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی، بر روی یک آبپاش ضربه ای VYR35 دو نازله با ارتفاع پایه یک متر انجام شده است.

به منظور تامین فشار کارکرد آبپاش، از یک پمپ محوری با دور موتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه استفاده شده است که به لوله رانش آن، یک لوله پلی اتیلن با قطر ۹۰ میلی متر و طول تقریبی ۱۰۰ متر جهت رساندن آب به محل اجرای طرح متصل شده است. جهت تنظیم و کنترل دقیق فشار از دو فشارسنج، که یکی در یک متری خروجی از پمپ و دیگری در روی لوله آبرسان آبپاش و در ۵ متری آبپاش نصب شده بود، استفاده شد. برای تعیین مقدار آب پخش شده از آبپاش با توجه به حداکثر شعاع پاشش، زمینی مسطح و مربعی شکل به ضلع ۳۳ متر را به شبکه های ۳×۳ متر تقسیم بندی کرده و بر روی هر گره با توجه به دستورالعمل استاندارد ایزو ۷۷۴۹/۲ (۱۹۹۰) یک قوطی لبه تیز آلومینیومی با قطر بالایی ۱۰ و ارتفاع ۱۰/۵ سانتی متر قرار داده شد. بدین ترتیب در مجموع ۱۴۴ قوطی مورد استفاده واقع شد. بعد از ۲-۱/۵ ساعت کار سیستم، پمپ خاموش شده و بلافاصله حجم آب جمع شده در هر قوطی قرائت می شد. حجم آب 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، در هر آزمایش تعداد ۸ قوطی با مقدار آب مشخص به عنوان شاهد در نظر گرفته می شد و در پایان آزمایش، مقدار کسری آب از آنها به مقادیر قرائت شده اضافه می شد.

به منظور بررسی تاثیر سرعت باد بر تلفات تبخیر و بادبردگی، با استفاده از یک دستگاه بادسنج کنتوری که در ارتفاع ۲ متری زمین و نزدیک محل آزمایش نصب شده بود، سرعت متوسط باد اندازه گیری و ثبت می شد. جهت اندازه گیری دمای هوا و رطوبت نسبی برای محاسبه کمبود فشار بخار اشباع، از یک عدد سایکرومتر آسمن<sup>۱</sup> استفاده شد. این اندازه گیریها در طول مدت آزمایش حداقل سه مرتبه (ابتدا، وسط و انتهای آزمایش) انجام می شد و در نهایت مقادیر میانگین آنها برای پارامترهای دمای هوا و رطوبت

1) Assmann Psychrometer

2) One-Way ANOVA



شکل (۱) اثر سرعت باد بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

شکل (۲) رابطه کمبود فشار بخار اشباع و تلفات تبخیر و بادبردگی

خود می رسد، خودداری شود.

#### - بررسی پارامترهای سیستمی

تأثیر پارامترهای سیستمی فشار کارکرد و اندازه قطر نازل در شکل های ۳ و ۴ آورده شده است. همانگونه که پیش از این نیز ذکر شد با افزایش فشار و یا کاهش اندازه نازل، قطرات کوچکتری تولید می شوند که بسیار به وزش باد حساس بوده و به راحتی از ناحیه کاربرد خارج می شوند. علاوه بر این با کوچکتر شدن قطرات، سطح تبخیر شونده افزایش یافته که منجر به افزایش مقدار تلفات خواهند شد. این موضوع به روشنی در اشکال ۳ و ۴ دیده می شود.

#### - ارائه معادله برآورد کننده تلفات تبخیر و بادبردگی

جدول ۱ نتایج رگرسیون بندی چند متغیره تلفات تبخیر و بادبردگی، بادر نظر گرفتن پارامترهای فشار، اندازه قطر، سرعت باد، دمای هوا و رطوبت نسبی با هدف ارائه یک معادله جامع در برگزیده پارامترهای اقلیمی و سیستمی مختلف را نشان میدهد. همانگونه که مشخص است از بین پارامترهای فوق، تنها پارامترهای فشار کارکرد، سرعت باد و دمای هوا تأثیر معنی داری بر مقدار تلفات داشته اند. لذا معادلات نهایی برای فشارهای ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ به ترتیب به صورت معادلات ۳، ۴ و ۵ خواهد بود.

- فشار ۳۰۰ کیلوپاسکال

$$WDEL = -3.296 + 0.386 t + 2.650 W \quad (3)$$

- فشار ۳۵۰ کیلوپاسکال

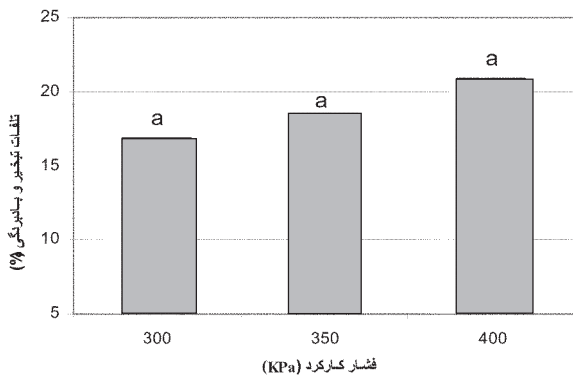
بیشتر از دو برابر مقدار تلفات در دامنه سرعت های باد کمتر از ۲ متر بر ثانیه است. لذا در تأیید نظر اکثر محققین نظیر (۱۵) توصیه می شود به منظور استفاده مناسب تر از آب و حصول یکنواختی بالاتر در آبیاری، در مناطقی که سرعت باد بیش از ۴ متر در ثانیه است آبیاری بارانی صورت نگیرد و یا زمان کار سیستم به شب، که سرعت باد کمتر است، موکول شود. جهت برآورد مقدار تلفات در شرایطی که تنها اطلاعات سرعت باد در دست باشد، معادله زیر با در نظر گرفتن سرعت باد به عنوان متغیر مستقل و با لحاظ کردن کلیه مقادیر حاصل از آزمایشات به دست آمده است.

$$WDEL = 8.604 W^{0.639} \quad (R^2 = 0.84, SEE = 0.192) \quad (2)$$

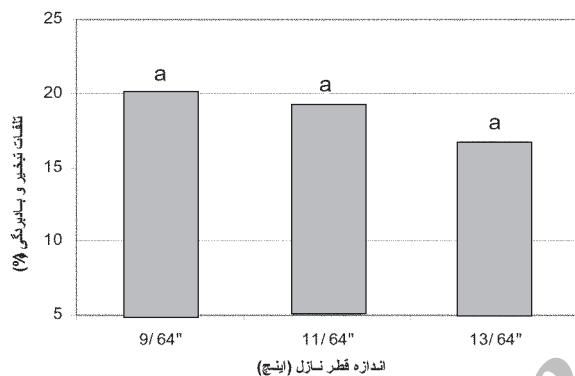
در این رابطه:

$W$  = سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه

علاوه بر این با توجه به تحقیقات صورت گرفته مشخص شد که پارامتر کمبود فشار بخار اشباع، که خود شامل دو پارامتر دمای هوا و رطوبت نسبی محیط است، اثر قابل ملاحظه ای بر تلفات تبخیر و بادبردگی دارد. شکل ۲ مشخص کننده مقدار تلفات تبخیر و باد برای دامنه های مختلف کمبود فشار بخار اشباع است. همان طور که ملاحظه می شود با افزایش کمبود فشار بخار از ۳-۱/۵ کیلو پاسکال به ۴-۳، تلفات حدود ۸۳٪ و در صورت افزایش از ۴-۳ به ۶-۴/۵، حدوداً ۱۳٪ افزایش می یابد. نیز مشاهده می شود با دو برابر شدن مقدار کمبود فشار بخار اشباع، تلفات هم بیش از دو برابر رشد داشته است. لذا توصیه می شود به منظور استفاده بهتر از آب در سیستم های آبیاری بارانی، از انجام آبیاری بارانی در اواسط ظهر، که مقدار کمبود فشار بخار اشباع به حداکثر



شکل (۳) رابطه فشار کاربرد سیستم با مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی



شکل (۴) رابطه اندازه نازل با مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی

جدول (۱) نتایج رگرسیون چندمتغیره برای کلیه پارامترهای بررسی شده

Source	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Model	10302.088(a)	2060.418	389.788	.000
p	59.342	19.781	3.742	.026
t	30.333	30.333	5.738	.026
w	183.407	183.407	34.697	.000
Error	116.292	5.286		
Total	10418.380			

a R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .986)

تلفات) مربوط به استان خراسان شمالی و شهرهای درگز، قوچان و نیشابور در استان خراسان رضوی و بشرویه در استان خراسان جنوبی دیده می شود. در حالیکه پهنه دوم عمدتاً در قسمت مرکزی استان خراسان رضوی (شامل شهرهای مشهد، تربت حیدریه، کاشمر، بردسکن، فریمان و گناباد) و قسمتهای شمالی استان خراسان جنوبی (شامل شهرهای قائن و فردوس) اتفاق افتاده است. پهنه سوم به طور کلی از نواحی غربی استان خراسان رضوی

$$WDEL = -2.578 + 0.386 t + 2.650 W \quad (4)$$

- فشار ۴۰۰ کیلو پاسکال:

$$WDEL = 0.042 + 0.386 t + 2.650 W \quad (5)$$

در این معادلات، t دمای هوا بر حسب درجه سانتی گراد

است.

علاوه بر این، به منظور بررسی مقدار پتانسیل تلفات تبخیر و باد سیستم های آبیاری بارانی، بدون در نظر گرفتن شرایط طراحی و تنها با لحاظ کردن وضعیت اقلیم آن محل، رگرسیون چند متغیره های بین پارامترهای سرعت باد، دمای هوا و رطوبت نسبی انجام شده است که نتیجه آن به صورت معادله زیر ارائه شده است. این بررسی از آن جهت صورت گرفته است تا مشخص شود قبل از پیاده کردن سیستم های بارانی، مقدار پتانسیل تلفات در آن موقعیت چه مقدار خواهد بود.

$$WDEL = 0.316 t + 2.699 W ; R^2 = 0.983 \quad (6)$$

- پهنه بندی تلفات تبخیر و بادبردگی

همانگونه که ذکر شد یکی از اهداف مهم این تحقیق، ارائه نقشه های پهنه بندی پتانسیل تلفات تبخیر و بادبردگی در استانهای خراسان رضوی، شمالی و جنوبی بر اساس معادلات حاصله از آزمایشات صحرائی می باشد. بدین منظور با توجه به این که پارامترهای دما و سرعت باد در معادله نهایی (معادله ۶) حضور دارند، برای تعیین مقدار تلفات در نقاط مختلف از اطلاعات و آمار ایستگاههای سینوپتیک سه استان استفاده شده است. با توجه به اینکه زمان غالب آبیاری در استانهای خراسان، فصلهای بهار و تابستان بوده و همچنین آزمایشات این تحقیق در این فصول انجام گرفته است، برای محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی از آمار متوسط سرعت باد و دمای هوای ماهانه این فصلها (ماههای اردیبهشت تا شهریور) استفاده شده است. به دلیل پرهیز از طولانی شدن مطلب، تنها به ارائه شکل های مربوط به پهنه بندی تلفات در ماههای خرداد تا شهریور (شکل های ۵ تا ۸) اکتفا می شود.

همانگونه که در این شکلها دیده می شود به طور کلی مقدار تلفات از سمت شمال به جنوب منطقه افزایش می یابد که این امر با توجه به زیاد شدن دما و کاهش رطوبت نسبی از سمت شمال به جنوب منطقه دور از انتظار نبوده است. در کلیه ماهها می توان چهار پهنه کلی را تمییز داد، به طوریکه پهنه اول (کمترین مقدار



تلفات نفوذ عمقی این سیستم با این شرایط، ۱۸ درصد خواهد شد (علیزاده، ۱۳۸۱). لذا راندمان کلی آبیاری برای هر ماه با استفاده از رابطه زیر (۳) محاسبه شده و در جدول ۳ به تفکیک هر دشت آورده شده است.

$$E_C = (1 - L_d)(1 - L_s) \quad (7)$$

که در آن:

$$E_C = \text{بازده کلی (بازده الگوی توزیع و کاربرد آب)}$$

$$L_d = \text{نفوذ عمقی (اعشار)}$$

$$L_s = \text{تلفات تبخیر و بادبردگی (اعشار)}$$

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود بیشترین مقدار تلفات و متعاقباً کمترین مقدار راندمان سیستم در ماه تیر اتفاق افتاده است، بطوریکه حداکثر مقدار تلفات در این ماه ۲۷/۱٪ و مقدار متوسط تلفات برابر با ۱۹/۳٪ محاسبه شده است. همچنین مقدار متوسط راندمان در کل استان در ماه تیر ۶۶/۲٪ به دست آمده است. علاوه بر این مشاهده می شود که در اکثر ماهها، دشتهای تایباد، کرات، فریمان- تربت جام، خواف، سبزوار، دهنو میغان، بندگان، سفیدابه علی آباد و نهبندان بیشترین مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی را داشته اند. این امر به علت دمای بالا، رطوبت نسبی کم و وزش بادهای شدید، که ناشی از تاثیر بادهای ۱۲۰ روزه سیستم می باشد، در آنها اتفاق افتاده است.

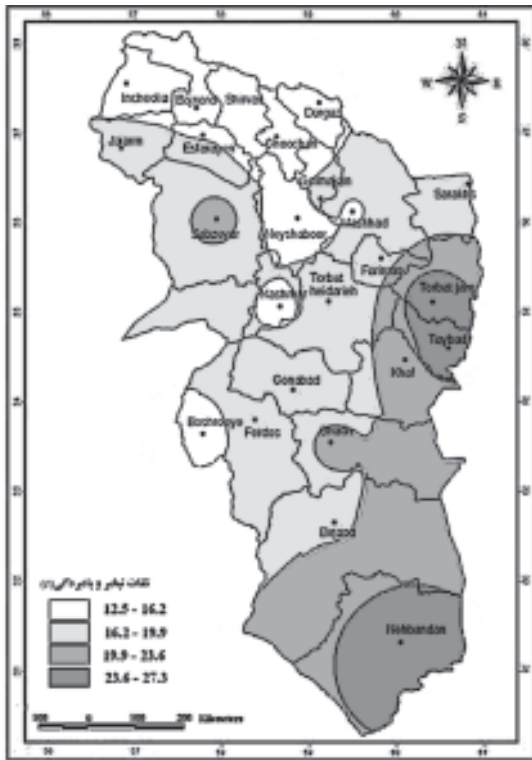
### نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده مشخص می شود که عوامل اقلیمی سرعت باد و کمبود فشار بخار اشباع تاثیر قابل ملاحظه ای بر مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی دارند. لذا توصیه می شود که در مناطقی که سرعت باد از ۴ متر بر ثانیه تجاوز می کند، آبیاری بارانی صورت نگیرد و یا برای حصول یکنواختی بیشتر، زمان کار سیستم به شب که سرعت باد کمتر است محدود شود. همچنین پیشنهاد می شود آزمایشاتی با دامنه گسترده تر فشار و اندازه نازل صورت گیرد تا تاثیر این عوامل بر میزان یکنواختی عملکرد و هدرفت تبخیر و بادبردگی سیستم ها مشخصتر شوند. علاوه بر این مطالعاتی به منظور ارزیابی عملکرد آبیاری ها و سیستم های آبیاری بارانی با هدف ارتقاء مدیریت و عملکرد آنها صورت گیرد. بر اساس نقشه های پهنه بندی مقدار تلفات برای ماهها و

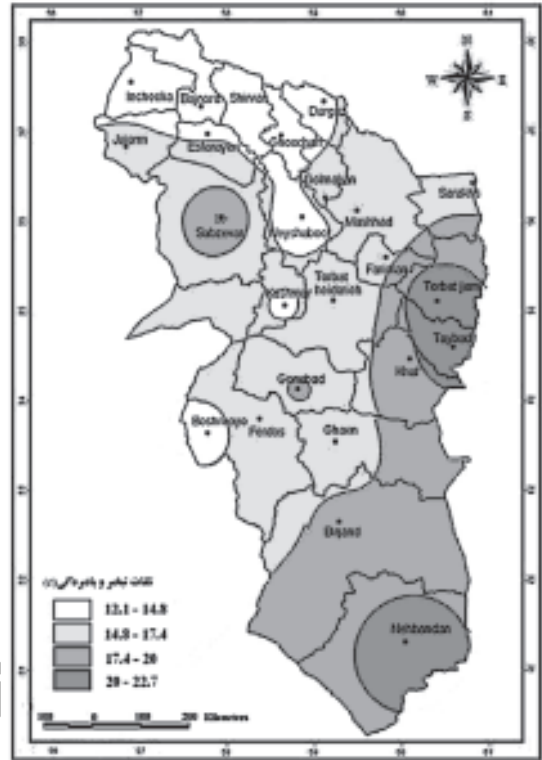
شروع شده و تقسیم مرکزی استان خراسان جنوبی ادامه میابد. این نواحی عمدتاً شامل شهرهای خواف، بیرجند، سرخس و رشتخوار می شود. بیشترین مقدار تلفات برای هر شرایط در شهرهای تربت جام، تایباد، نهبندان و سبزوار دیده می شود که این امر با توجه به زیاد بودن سرعت باد و دمای هوای آنها امری طبیعی به نظر می رسد و مطابق با نتایج مطالعه نجفی مود و همکاران (۶) مبنی بر زیاد بودن مقدار تلفات در استان جنوبی خصوصاً در نهبندان می باشد. به طوریکه در این تحقیق ذکر شده است که سرعت باد در این منطقه به حدی زیاد بوده است که با وجود مهار لوله های لاترال توسط کابل و میخ، سیستم از محل اصلی جابجا شده و بسیاری از قطعات لوله و چرخ های آن شکسته و مچاله شده است.

علاوه بر این با مقایسه مقدار تلفات برای هر ماه در فشارهای مختلف، ضمن وجود یک روند کلی در پهنه های ایجاد شده، مشاهده می شود که مقدار تلفات در فشارهای بالاتر بیشتر بوده است که دلیل این امر در پیش ذکر شده است. همچنین حداقل مقدار تلفات برای هر فشار، در ماه اردیبهشت روی داده است، چرا که در آن ماه در مقایسه با سایر ماههای مورد مطالعه، سرعت باد و دمای هوا کمتر می باشد. مقدار تلفات در ماه تیر به حداکثر خود رسیده و پس از آن برای دیگر ماهها سیر نزولی را طی می کند. ذکر یک نکته در این نقشه ها واجب است و آن اینکه برای شهر بشرویه با داشتن اقلیمی بسیار خشک، مقدار تلفات تبخیر و باد بسیار کمی به دست آمده است. با بررسی علت این موضوع مشخص شد که این ایستگاه سینوپتیک، در داخل شهر واقع شده و لذا شرایط غیر استاندارد ایستگاه، بر آمار اقلیمی ثبت شده آن، مخصوصاً سرعت باد تاثیر به سزایی دارد. لذا میبایست در بررسی مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی این شهر، احتیاط بیشتری صورت گیرد.

شکل ۹ نشان دهنده کلیه دشتهای کشاورزی استانهای خراسان می باشد که نام آنها در جدول ۲ ذکر شده است. مقدار متوسط تلفات تبخیر و باد ماههای اردیبهشت تا شهریور کلیه دشتهای با توجه به پهنه بندیهای انجام شده در جدول ۲ آورده شده است. چنانچه سیستم آبیاری بارانی لولههای چرخدار به عنوان سیستم متداول آبیاری بارانی در استانهای خراسان، با ضریب یکنواختی و کفایت آبیاری به ترتیب برابر با ۸۲ و ۷۵ درصد در نظر گرفته شود، مقدار



شکل (۴) پهنه بندی تلفات تبخیر و بادبردگی در ماه تیر



شکل (۵) پهنه بندی تلفات تبخیر و بادبردگی در ماه خرداد



شکل (۸) پهنه بندی تلفات تبخیر و بادبردگی در ماه شهریور



شکل (۷) پهنه بندی تلفات تبخیر و بادبردگی در ماه مرداد

جدول (۲) مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی و راندمان کلی سیستم آبیاری بارانی لوله های چرخدار در دشتهای استانهای خراسان رضوی، شمالی و جنوبی

شماره	دشت	اردیبهشت		خرداد		تیر		مرداد		شهریور	
		E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>
1	صفی آباد	71.5	12.8	69.1	15.7	68.1	16.9	69.5	15.3	12.8	71.5
2	پنگجه	72.1	12.1	70.1	14.5	69.4	15.4	70.4	14.1	11.8	72.3
3	سبزوار	68.8	16.1	66.2	19.3	64.9	20.8	66.3	19.2	16.3	68.6
4	عطائیه	71.3	13.1	69.1	15.7	68.2	16.8	69.5	15.3	12.6	71.7
5	سنگرد قله میدان	71.3	13.1	69.3	15.5	68.5	16.5	69.7	15	12.3	71.9
6	جنگل	70.8	13.6	68.6	16.4	67.2	18.1	68.9	16	12.7	71.6
7	بجستان-یونسی	70.7	13.8	68.7	16.2	67.7	17.4	69.3	15.5	12.7	71.6
8	عمرانی-بی مرغ	70.5	14.0	68.1	17	67.3	17.9	69.5	15.3	12.6	71.7
9	گناباد	70.3	14.3	67.7	17.5	67.3	17.9	69.6	15.1	12.7	71.6
10	آق دربند	70.3	14.3	67.1	18.2	65.4	20.2	66.8	18.5	14.4	70.2
11	ازغند	71.6	12.7	69.5	15.2	68.1	16.9	69.7	15	11.8	72.3
12	اسفدن	70.4	14.1	67.7	17.4	65.7	19.9	67.6	17.6	13.3	71.1
13	اسفراین	72.2	11.9	69.8	14.9	68.5	16.5	70.0	14.6	12.1	72.1
14	بجنورد	72.9	11.1	70.3	14.3	68.9	16	70.5	14	11.4	72.7
15	بردسکن	71.3	13.1	69.3	15.5	68.3	16.7	69.8	14.9	12.2	72.0
16	بشرویه	71.2	13.2	70.4	14.2	69.8	14.9	70.8	13.7	11.7	72.4
17	بندان	69.0	15.9	65.0	20.7	60.8	25.8	63.0	23.2	15.9	69.0
18	بیرجند	69.9	14.7	67.6	17.6	65.7	19.9	67.5	17.7	13.9	70.6
19	تایباد	68.4	16.6	64.5	21.4	61.6	24.9	62.6	23.6	17.9	67.3
20	جاجرم	72.1	12.1	69.5	15.3	68.1	16.9	69.8	14.9	12.4	71.8
21	جوین-سلطان آباد	70.4	14.1	68.0	17.1	66.8	18.5	68.1	16.9	14.2	70.4
22	چاهک موسویه	70.4	14.1	67.9	17.2	65.8	19.7	67.8	17.3	13.2	71.2
23	حسین آباد	69.7	15.0	66.7	18.7	63.8	22.2	65.8	19.8	14.6	70.0
24	خواف	69.3	15.5	65.7	19.9	63.3	22.8	64.9	20.9	16.2	68.7
25	خوشاب	69.9	14.8	66.9	18.4	64.4	21.5	66.2	19.3	14.4	70.2
26	داورزن	70.7	13.8	68.2	16.8	67.1	18.2	68.5	16.5	13.8	70.7
27	درگز	72.4	11.7	70.4	14.1	69.6	15.1	70.7	13.8	11.6	72.5
28	درمیان	70.0	14.6	67.5	17.7	65.4	20.3	67.1	18.2	13.9	70.6
29	درونه	70.9	13.5	69.0	15.9	67.9	17.2	69.3	15.5	12.8	71.5
30	ده سلم	69.2	15.6	65.6	20	61.8	24.6	63.9	22.1	15.5	69.3
31	ده نو میغان	69.0	15.9	65.0	20.7	60.8	25.9	62.9	23.3	16.0	68.9
32	درح	69.5	15.3	66.1	19.4	62.8	23.4	64.8	21	15.1	69.6
33	رباط قره بیل	72.4	11.7	69.9	14.7	68.6	16.3	70.2	14.4	11.8	72.3
34	رخ	71.5	12.8	69.4	15.4	67.9	17.2	69.4	15.4	12.1	72.1
35	رشتخوار	71.0	13.4	68.6	16.4	66.7	18.6	68.3	16.7	12.8	71.5
36	ریوش	71.6	12.7	69.8	14.9	69.0	15.9	70.3	14.3	11.7	72.4
37	زاوه تربت حیدریه	71.3	13.1	68.9	16	67.0	18.3	68.6	16.3	12.3	71.9
38	زوزن	70.0	14.6	67.2	18.1	65.2	20.5	66.7	18.6	14.3	70.3



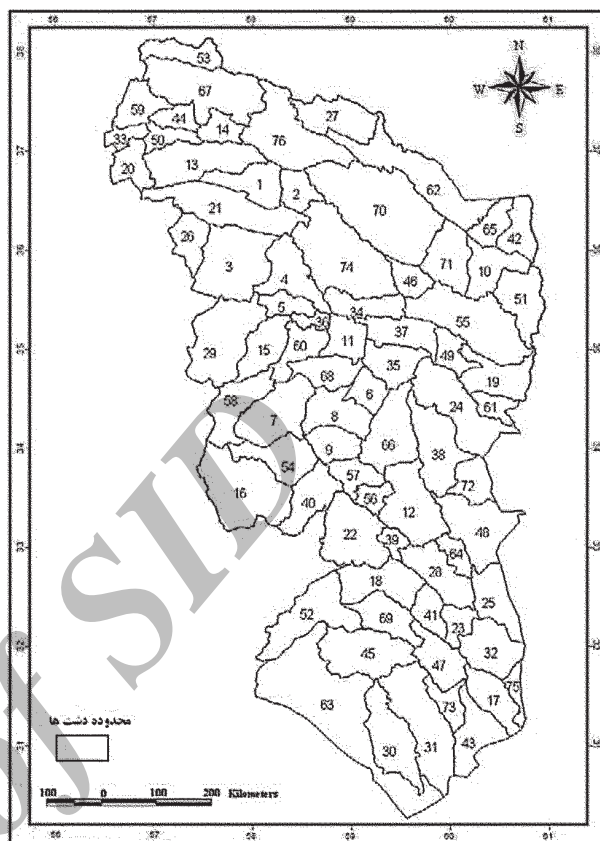
ادامه جدول (۲) مقدار تلفات تبخیر و بادبردگی و راندمان کلی سیستم آبیاری بارانی لوله های چرخدار در دشتهای استانهای خراسان رضوی، شمالی و جنوبی

شماره	دشت	اردیبهشت		خرداد		تیر		مرداد		شهریور	
		E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>	E	L <sub>s</sub>
39	سده	70.2	14.4	67.7	17.4	65.7	19.9	67.6	17.6	70.8	13.6
40	سرایان	70.3	14.3	68.3	16.7	67.0	18.3	68.5	16.5	71.2	13.2
41	سربیشه	69.9	14.7	67.2	18	64.9	20.8	66.5	18.9	70.4	14.1
42	سرخس	71.3	13.1	67.8	17.3	66.8	18.5	68.3	16.7	71.6	12.7
43	سفیدابه علی آباد	68.8	16.1	64.7	21.1	60.2	26.6	62.5	23.8	68.7	16.2
44	سملقان آبخانه	72.9	11.1	70.4	14.2	69.0	15.8	70.6	13.9	72.7	11.3
45	سمن آباد	69.9	14.8	67.2	18.1	64.9	20.9	66.7	18.7	70.4	14.2
46	سنگ بست	71.3	13.1	69.0	15.9	67.8	17.3	69.1	15.7	71.6	12.7
47	سهل آباد	69.4	15.4	66.0	19.5	62.6	23.6	64.6	21.2	69.6	15.1
48	شاهرخت	70.0	14.6	67.3	17.9	65.1	20.6	66.8	18.5	70.4	14.1
49	شهرنو-باخزر	69.0	15.9	65.4	20.3	62.5	23.8	63.8	22.2	68.1	17.0
50	شوقان	72.6	11.5	70.0	14.6	68.7	16.2	70.4	14.2	72.4	11.7
51	صالح آباد-جنت آباد	69.0	15.9	65.3	20.4	62.8	23.4	64.1	21.8	68.2	16.8
52	علی آباد هامون	70.2	14.4	67.7	17.4	65.8	19.7	67.6	17.6	70.8	13.6
53	غلامان	72.9	11.1	70.4	14.2	69.1	15.7	70.7	13.8	72.7	11.3
54	فردوس	70.1	14.5	68.6	16.3	67.3	17.9	68.6	16.3	71.1	13.3
55	فریمان- تربت جام	68.6	16.4	64.9	20.8	62.2	24.1	62.9	23.3	67.6	17.6
56	قائن	70.8	13.7	67.9	17.2	65.3	20.4	67.5	17.7	71.5	12.8
57	خضری	70.6	13.9	68.0	17.1	65.8	19.8	67.9	17.2	71.4	12.9
58	قاسم آباد بجستان	70.8	13.7	69.0	15.9	68.0	17.1	69.5	15.3	71.7	12.6
59	قوری میدان	73.7	10.1	71.0	13.4	69.6	15.1	71.3	13.1	73.5	10.4
60	کاشمر	71.6	12.7	69.8	14.9	69.0	15.9	70.4	14.2	72.5	11.6
61	کرات	68.6	16.3	64.7	21.1	62.1	24.3	63.1	23.1	67.7	17.5
62	کلات نادری	71.4	12.9	69.2	15.6	68.3	16.7	69.5	15.2	71.8	12.5
63	کوبر لوت	69.9	14.8	66.7	18.7	63.8	22.2	65.7	19.9	70.0	14.6
64	گزیک آواز	70.1	14.5	67.4	17.8	65.4	20.3	67.1	18.2	70.6	13.9
65	گنبدلی	71.1	13.3	68.0	17.1	66.9	18.4	68.3	16.7	71.4	12.9
66	گیسور	70.5	14.0	68.0	17.1	66.5	18.9	68.3	16.7	71.3	13.1
67	مانه	72.8	11.2	70.3	14.3	69.0	15.9	70.5	14	72.7	11.4
68	محولات فیض آباد	71.3	13.1	69.2	15.6	68.2	16.8	69.8	14.9	72.2	12.0
69	مختاران	69.9	14.7	67.5	17.7	65.4	20.3	67.2	18	70.6	13.9
70	مشهد	70.7	13.8	68.9	16	68.3	16.7	69.5	15.2	71.4	12.9
71	نریمانی	71.0	13.4	68.5	16.5	67.2	18	68.6	16.4	71.2	13.2
72	نمکزار خواف	69.9	14.7	67.1	18.2	64.9	20.8	66.5	18.9	70.1	14.5
73	نهبندان	68.7	16.2	64.5	21.4	59.8	27.1	62.0	24.4	68.6	16.4
74	نیشابور	73.1	10.8	71.3	13	70.9	13.5	71.8	12.4	73.7	10.1
75	هامون هیرمند	69.2	15.6	65.5	20.1	61.9	24.5	63.8	22.2	69.2	15.6
76	قوچان-شیروان	72.7	11.4	70.6	13.9	69.9	14.8	70.8	13.6	72.7	11.4

فشارهای مختلف، مشخص شده است که در اکثر موارد نواحی جنوبی استان خراسان جنوبی، خصوصاً شهر نهبندان و همچنین مناطق شرقی و غربی استان خراسان رضوی شامل شهرهای تربت جام، تایباد و سبزوار بیشترین مقدار تلفات تبخیر و باد را دارا بوده‌اند. لذا توصیه می‌شود به منظور کسب راندمان و کارایی بالاتر از سیستم‌های آبیاری بارانی در این مناطق، از کاربرد فشارهای زیاد خودداری شود و زمان آبیاری به شب و یا اوایل صبح که سرعت باد و دمای هوا کمتر است محدود شود. همچنین کم کردن فاصله لوله‌های جانبی از هم و رعایت تناوب آبیاری، گزینه‌های موثری برای کم کردن اثرات سوء ناشی از بالا بودن سرعت باد در این مناطق است.

### سپاسگزاری

این طرح با حمایت‌های مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی انجام شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.



شکل (۹) نقشه دشتهای استانهای خراسان رضوی، شمالی و جنوبی

### منابع

۱. اکبری، م. و ر. رحیم زادگان ۱۳۷۵. اثرات باد و خصوصیات هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی بر یکنواختی توزیع آب، دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، تهران. صفحه ۶۴-۵۴.
۲. شیخ اسماعیلی، الف. ۱۳۸۴. بررسی و کاربرد رگرسیون چند متغیره در تخمین تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره ۶، صفحه ۴۸-۴۱.
۳. علیزاده، الف. ۱۳۸۱. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد. ۶۵۶ صفحه.
۴. قائمی، ع. ۱۳۸۳. ۱. ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی عقربهای (Center Pivot) ساخت داخل کشور و بررسی مشکلات فنی آن، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد پنجم. شماره ۱۹، صفحه ۴۷-۲۷.
۵. ناصری، الف. و الف. لطفی صدیق ۱۳۷۸. تاثیر اندازه قطر دهانه آبپاش بر مقدار هدررفت ناشی از تبخیر و بادبردگی، مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد چهارم. شماره ۱۵، صفحه ۱۱-۱.
۶. م. ح. نجفی مود، ع. ۱. منتظر و م. ع. بهدانی ۱۳۸۶. ارزیابی تعدادی از طرحهای آبیاری تحت فشار اجرا شده در خراسان جنوبی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهاردهم. شماره ۱، صفحه ۲۵-۱۲.

7. Carrion, P., Tarjuelo, J.M. and Montero, J. 2001, SIRIAS: A simulation model for sprinkler irrigation: I. Description of model. Irrig. Sci. 20(2): 73-84.

8. Dechmi, F., Playán, E., Faci, J., Tejero, M. and Bercero, A. 2003, b: Analysis of an irrigation

- district in northeastern Spain: II: Irrigation evaluation, simulation and scheduling. *Agric. Water Manage.* 61: 93-109.
9. ISO 7749/2. 1990, Irrigation equipment. Rotating sprinklers-Part 2: Uniformity of distribution and test methods.
  10. Keller, J. and Bliesner, R.D. 1990, Sprinkler and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA. 652 pp.
  11. Lorenzini, G. 2002, Air temperature effect on spray evaporation in sprinkler rrigation. *Irrig. and Drain.* 51(4): 301-309.
  12. McLean, R.K., Sri Ranjan, R., and Klassen G. 2000, Spray evaporation losses from sprinkler irrigation systems. *Can. Agric. Engr.* 42(1):1-8.
  13. Montero, J., Tarjuelo, J.M. and Carrion, P. 2003, Sprinkler droplet size distribution measured with an optical spectropluviometer. *Irrig. Sci.* 22: 47-56.
  14. Playán, E., Salvador, R., Faci, J.M., Zapata, N., Martínez-Cob, A., and Sánchez, I. 2005, Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. *Agric. Water Manage.*, 76: 139-159.
  15. Seginer, I. and Kostrinsky, M. 1975, Wind, sprinkler patterns and system design. *J. of Irrig. and Drain.*, ASCE, 101 (IR4): 251-264.
  16. Tarjuelo, J.M., Montero, J., Honrubia, F.T., Ortiz, J.J. and Ortega, J.F. 1999, Analysis of uniformity of sprinkle irrigation in a semi-arid area. *Agric. Water Manag.* 40: 315-331.
  17. Vories, E.D., Von Bernuth, R.D., and Mickelson, R.H. 1987, Simulating sprinkler performance in wind. *J. of Irrig. Drain. Eng.* ASCE, 113 (1): 119-130.
  18. Yazar, A. 1984, Evaporation and drift losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. *Agric. Water Manage.*, 8: 439-449.

## Wind Drift and Evaporation Losses' Potential Effects on Sprinkler irrigation systems' Efficiency in Northern, Southern and Razavi Khorasan's Agricultural Plains

M. Erfanian – A. Alizadeh\* – M. Mousavi-Baygi – H. Ansari – J. Baghani<sup>1</sup>

### Abstract

In various irrigation systems, water is lost during storage, distribution and application processes in fields. Sprinkler irrigation systems scatter water drops to air, which would be confronted with climatic conditions. Hence, significant portion of drops will be evaporated or drifted away, since they come out of the sprinklers. This Wind Drift and Evaporation Losses (WDEL) are high in arid, semi arid and windy regions, so cause decrease of irrigation systems' efficiency. This investigation is performed to assess WDEL in Northern, Southern and Razavi Khorasan Provinces' irrigation systems and to suggest multi variable equations to estimate WDEL and systems' efficiency. Tests had been carried out in Agricultural Research Center of Mashhad on a VYR 35 dual nozzle sprinkler, at 3 pressure (300, 350 and 400 KPa) and at 3 nozzle size (9/64"×3/32", 11/64"×3/32" and 13/64"×3/32") in various climatic conditions. Results showed that increase of pressure, wind speed and air temperature and decrease of relative humidity and nozzle size, lead to increase of WDEL. Also Khorasan's WDEL zoning maps shows WDEL is increased generally from north to south, west and east of the region in all pressure, as worst conditions (maximum WDEL) is occurred in Sabzevar, Torbat jam, Taibad and Nehbandan, due to their high wind speeds and air temperature. Based on opposite effects assessment of pressure and nozzle size, it had been recommended not to use smaller nozzles with greater pressure. To achieve higher distribution uniformity, using sprinkler irrigation systems in wind speeds smaller than 4 m/s had been concluded.

**Key words:** Wind speed, system pressure, nozzle size, Wind Drift and Evaporation Loss, zoning

\* Corresponding author Email: Alizadeh@um.ac.ir

1) Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Agricultural research center, Mashhad