# ماشین آبیاری آبفشان دوار و تعیین تلفات تبخیر و بادبردگی آن

فرید فروغی[1] و علی اصغر قائمی[2]

## چکیده

با توسعه و پیشرفت علم مکانیک ماشین های کشاورزی و هیدرولیک، ماشین های آبیاری بزرگی ابداع شدند که قادر هستند سطح وسیعی از مزارع را با راندمان بالا آبیاری کنند. از طرف دیگر وجود منابع محدود آب و ضرورت صرفه جویی و افزایش بهره وری از آب، استفاده از این ماشین ها را اجتناب ناپذیر ساخته است. در این پژوهش تلفات تبخیر و بادبردگی ماشین آبفشان دوار در شرایط مختلف اقلیمی تعیین گردید. به منظور برآورد تلفات تبخیر و باد بردگی، مطابق با استاندارد ASAE در چهار ردیف شعاعی قوطی‌های نمونه‌برداری آب به فاصله شش متر قرار گرفت. سپس دستگاه آبفشان دوار با سرعت‌های مختلف راه‌اندازی و مقادیر آب داخل قوطی ها، رطوبت خاک و پارامترهای اقلیمی، و هیدرولیکی دستگاه اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که متوسط یکنواختی توزیع به دست آمده در طول فصل زراعی ٦٣٪ بود که با توجه به معیارهای موجود نشان دهنده وضعیت نامناسب سیستم می‌باشد. میانگین مقادیر راندمان بالقوه چارک پایین در طول فصل زراعی برابر ٥٥٪ به دست آمد که نشان می‌دهد که سیستم موجود با زمین و شرایط زراعی موجود مطابقت خوبی ندارد. مقادیر تلفات تبخیر و باد بردگی اندازه گیری (اختلاف بین یکنواختی توزیع و راندمان بالقوه چارک پایین) شده بین ١/٥ تا ١٧/٥ درصد بود. مقادیر تلفات تبخیر و باد بردگی محاسبه شده با روش تریمر، خیلی کمتر از مقادیر تلفات تبخیر و باد بردگی اندازه‌گیری شده بود. علت آن در نظر نگرفتن اثر غیریکنواختی پخش در محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی توسط تریمر است. توصیه می شود که در سرعت باد های بیشتر از(m/s) ٤/٥ آبیاری انجام نشود و یا در شب انجام شود.

**واژه‌های کلیدی**: آبفشان دوار، بارانی، تلفات تبخیر و بادبردگی.

## مقدمه

در حال حاضر یکی از علمی ترین و بهترین روش های آبیاری که در بیشتر کشورهای جهان مورد استفاده قرار می گیرد استفاده از دستگاه های بزرگ آبیاری بارانی می باشد که با استفاده از این روش ها می توان راندمان آبیاری را به میزان ٢ الی ٣ برابر دیگر روش های مورد استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی که در حال حاضر به کار می رود یعنی ٧٥ الی ٩٥ درصد افزایش داد. یکی از این ماشین های بزرگ آبیاری

١- مربی آبیاری، دانشکده کشاورزی داراب، دانشگاه شیراز
٢- استادیار آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

دستگاه آبفشان دوار می باشد. این دستگاه توانایی آبیاری اراضی از حدود ۲۵ الی ۸۰۰ هکتار را دارد (٦). مهمترین مزیت این ماشین خودکار بودن آن و نیاز کم آن به کارگر می‌باشد و در مقایسه با سیستم آبیاری بارانی ثابت، به لوله و آبپاش کمتر نیاز دارد. این دستگاه از یک بال (مجموع دهنه ها) آبیاری نسبتاً طویل(معمولا ۳۰۰ متر)، که آبپاش‌ها روی آن قرار گرفته‌اند تشکیل شده است سایر قسمت های آن شامل برج مرکزی (Pivot point)، دهانه ها (Spans)، برج ها (Towers) و بال اضافی (Over hang) می باشد . آب از مرکز زمین وارد بال شده و به آبپاش‌هایی که روی آن قرار گرفته‌اند منتقل می‌شود. بال آبیاری در جهت عقربه‌های ساعت یا خلاف آن چرخیده و مزرعه را به صورت دایره آبیاری می‌کند. این روش بیشترین بازده اقتصادی را در توزیع آب، کود و علف کش در بین سایر روش های آبیاری بارانی دارد. با توجه به هزینه اولیه نسبتا زیاد این دستگاه استفاده از آن در زمین های بیشتر از ۳۰ هکتار با صرفه است و می‌توان آن را برای آبیاری گیاهان ساقه کوتاه و بلند، در زمین های هموار و نسبتاً ناهموار مورد استفاده قرار داد. خاک های شنی بهترین نوع خاک برای آبیاری با این روش هستند و با اعمال مدیریت صحیح می‌توانیم خاک های رسی را با این روش آبیاری کنیم. این دستگاه تقریباً در شرایط مختلف آب و هوایی از مرطوب تا خشک به جز در مناطقی با بادهای شدید و یا درجه حرارت زیاد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در مناطق گرم و خشک که شدت تبخیر زیاد است تلفات آب از آبپاش به‌صورت تبخیر بوده که می‌تواند قسمت زیادی از آب را هدر دهد. در مناطق بادخیز که سرعت باد زیاد است قطراتی که از آبپاش خارج می‌شود توسط باد حمل شده و ممکن است حتی از مزرعه نیز خارج گردد با توجه به اینکه سرعت باد با افزایش ارتفاع از سطح زمین به صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد در این حالت چنانچه ارتفاع پایه‌آبپاش از سطح زمین زیاد باشد تلفات ایجاد شده قابل توجه بوده و باید تمهیداتی در نظر گرفته شود. در این تحقیق ماشین آبفشان دوار واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در منطقه بادخیز باجگاه بررسی و تلفات تبخیر و بادبردگی آن به دوروش تعیین شد و مورد مقایسه و ارزیابی قرارگرفت.

## بررسی منابع

وجود بادهای شدید در یک منطقه می‌تواند عامل محدود کننده در طرح‌ریزی ماشین آبفشان دوار بوده و یا حداقل زمان کارکرد آن را محدود به شب (که سرعت باد کمتر است) به‌نماید چنانچه تاثیر باد بر الگوی توزیع آب در یک آبپاش را بررسی کنیم در حالتی که باد وجود نداشته باشد و یا سرعت آن کم باشد الگوی توزیع آب یا نیم‌رخ مقدار آب پخش شده مقطع مثلثی دارد و خطوط هم عمق پخش آب دایره‌های هم مرکز هستند. در وضعیت باد شدید، الگوی توزیع آب به شدت چولگی پیدا می‌کند در این شرایط الگوی توزیع آب تابعی از جهت و سرعت باد است در این حالت باید فاصله روی لوله‌های اصلی و جانبی را کمتر در نظر گرفت تا توزیع آب هرچه بیشتر یک‌نواخت باشد(٦). سرعت و جهت باد، مهمترین عوامل اقلیمی هستند که بر توزیع یکنواخت آب از آبپاش‌ها اثر می گذارد. میر لطیفی و باغانی (۱)

دستگاه آبفشان دوار را بررسی نمودند آنها گزارش کردند که تلفات تبخیر و باد بردگی با کمبود رطوبت اشباع هوا همبستگی خوبی دارد و ارتباط آن با رطوبت نسبی و درجه حرارت در مرحله بعدی اهمیت قرار دارد. هم چنین در شرایط بدون باد تغییرات تلفات تبخیر و بادبردگی با کاهش ارتفاع نازل‌ها ارتباط مستقیم داشته است. میانگین تلفات تبخیر و بادبردگی در ارتفاع ۲/۲۵، ۱/٦۵ و ۱/۰۵ متری نازل‌ها به ترتیب ۱٦/٦٪،۱۳/۳٪ و ۱۰٪ میانگین آب کاربردی بود. هم چنین زمانی که سرعت باد کمتر از ۱/۵ متر بر ثانیه بود، مقادیر فوق به‌ترتیب به ۱۷/٦٪، ۱۵٪ و ۱۱/۱٪ رسیدند در سرعت‌های باد بیش از ۱/۵ متر بر ثانیه همان مقادیر به‌ترتیب به ۲٤/۸٪، ۱٤٪ و ۱۲/۳٪ تغییر پیدا کردند. نتایج تحقیقات نشان داد که در سرعت بادهای بیش از دو متر بر ثانیه چنانچه ارتفاع نازل‌ها از ۲/۲۵ به ۱/٦۵ متری سطح زمین کاهش یابد حدود ۵۰٪ از تلفات آب کاسته خواهد شد. آنها هم چنین تغییر ارتفاع آبپاش بر تلفات تبخیر و بادبردگی در دستگاه آبفشان دوار را نیز بررسی کردند و گزارش کردند که با کاهش ارتفاع نازل‌ها از زمین مقادیرضریب یکنواختی(CU) ویکنواختی توزیع (DU) کاهش یافت. آنها گزارش کردند که با پایین آوردن نازل‌ها، شعاع‌های پخش آب نازل‌های نزدیک برج‌ها به چرخ‌ها و محورهای بین آنها برخورد کرده و باعث کاهش مقادیر DU و CU شده است. کریستین‌سن (۵) توزیع یک‌نواختی آب در دستگاه آبیاری بارانی در شرایط مختلف باد را مورد ارزیابی قرار داد و ضریب یک‌نواختی (CU) را به عنوان شاخصی برای توزیع یک‌نواختی آب در مزرعه به‌کار برد و در ۱۰۰ آزمایش مختلف تلفات تبخیر و بادبردگی را بین ۱۰ تا ٤۵ درصد به دست آورد. تارجلو و همکاران (۱۵) در تحلیل یکنواختی دستگاه آبفشان دوار گزارش کردند که DU با سرعت باد ارتباط عکس دارد. سگینر (۱۳) گزارش کرد که چنانچه فواصل آبپاش‌ها کاهش یابد اثر باد روی یکنواختی توزیع اهمیت کمتری دارد. ویرسما (۱۷) زاویه جهت وزش باد با لوله‌های جانبی و ضریب یکنواختی توزیع آب را مورد بررسی قرار داد. او گزارش کرد که در صورتی‌که زاویه وزش باد نسبت به لوله‌های جانبی ٤۵ درجه باشد بیشترین یکنواختی توزیع آب در مزرعه حاصل می‌شود. آلیسون و هس (۲) گزارش کردند هنگامی که لوله‌های فرعی عمود بر جهت باد هستند، تغییرات یکنواختی توزیع بسیار بیشتر از زمانی است که لوله های فرعی موازی با جهت باد هستند. تارجلو (۱٤) مدل کامل توزیع آب یک آبپاش در شرایط وجود باد را تعیین کرد. او برای انجام این مطالعات از یک تونل باد مصنوعی استفاده کرد و سه الگوی پخش آب (الگوی بیضوی، تایری و مثلثی ) را تشخیص داد. بر مبنای کار وی، بهترین الگوی پخش آب الگوی مثلثی می باشد. زیرا تحت هر شرایطی از فشار و آرایش، بیشترین یکنواختی توزیع آب را ایجاد می کند. بدترین الگو، الگوی تایری می باشد. هم چنین گزارش کرد که ضریب یکنواختی با افزایش سرعت باد کاهش می یابد. در آبیاری بارانی زمانی‌که آب به صورت ذرات ریز از نازل خارج می شود قسمتی از آن در هوا تبخیر می‌شود. در مواقع وجود باد مقداری از قطرات به خارج از سطح آبپاشی شده منتقل می‌شود که در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک ممکن است تلفات تبخیر و

بادبردگی درصد قابل توجهی از آب خروجی از آبپاش را تشکیل دهد. یازار (۱۸) با انجام آزمایشاتی دریافت که مهمترین عواملی که بر تلفات تبخیر و باد بردگی اثر می‌گذارد سرعت باد و کمبود فشار بخار اشباع هوا می‌باشد. او تلفات تبخیر را بین ۱/۷ تا ۳۰/۷ درصد از مقدار آب کاربردی برآورد نمود. فراست و شوالن (۸) گزارش کردند که در درجه حرارت زیاد و رطوبت نسبی کم، از یک آبپاش تک روزنه تلفات می‌تواند از ۳۵ تا ٤٥ درصد افزایش یابد. آنها برای محاسبه تلفات تبخیر و باد بردگی نموگرام نیز ارائه کردند. لیل و بردووسکی (۹) دستگاه آبفشان دوار ( نوع LEPA) را مورد بررسی قرار دادند. در این دستگاه از نازل های حبابی که به فاصله ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری بالای سطح جویچه‌ها قرار داشتند استفاده شد. آنها گزارش کردند که تلفات تبخیر و بادبردگی فقط در حدود ۲ تا ۵ درصد بود.

## مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از دستگاه آبیاری بارانی آبفشان دوار(نوع کم فشار) با آبپاش‌هایی از نوع پاششی واقع در مزرعه‌ای به مساحت ۳۲/۱ هکتار در شمال غرب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه استفاده شد. در این مزرعه گندم پاییزه کشت گردید. دستگاه مذکور دارای مشخصاتی مانند شش دهنه که پنج دهنه از آن به طول ۵۲/۵ متر و یک قطعه آخر به طول ٤٦/٥ متر، شش برج، طول بال ۳۲۱ متر، طول بال معلق در انتهای آخرین قطعه ۱۲ متر و تعداد ۱۰۷ آبپاش (که به فواصل ۳ متر از هم روی لوله آبیاری قرار گرفته بودند) می‌باشد. دبی و فشار ماشین به ترتیب ۵۳/۵ لیتر در ثانیه و ۲٤۰ کیلو پاسکال بود. نقشه توپوگرافی مزرعه تهیه و شیب زمین در جهات مختلف تعیین شد. الگوی آرایش قوطی‌ها در مزرعه مطابق با استاندارد ASAE انجام شد. قوطی‌های نمونه‌برداری آب در چهار ردیف شعاعی ( دو ردیف A، B روی بیشترین شیب با زاویه $3^{o}$ بین دو شعاع و دو ردیف C، D روی کمترین شیب با زاویه $3^{o}$ بین دو شعاع ) قرار گرفت. هم چنین برای اندازه گیری رطوبت خاک دوردیف لوله نوترون متر به موازات ردیف های C و D در عمق دو متری خاک نصب گردید. برای تعیین موقعیت قوطی‌های نمونه برداری در امتداد هر شعاع به فواصل هر ٦ متر میخ کوبی انجام گردید و در محل هر یک از میخ‌ها یک عدد قوطی نمونه‌برداری قرار گرفت. سپس دستگاه با سرعت های مختلف راه اندازی گردید و مقادیر آب قوطی ها، دبی و فشار نازل ها (در فواصل ابتدا، یک سوم، دوسوم و انتها از طول دستگاه ) و عوامل اقلیمی (سرعت باد، رطوبت نسبی و دمای هوا) اندازه گیری گردید. هنگامی‌که ارتفاع پوشش گیاهی مانع ورود آب به قوطی‌ها می‌شد، پایه‌هایی برای قوطی‌ها ساخته شد و با تنظیم مقدار فرورفتگی پایه‌ها در خاک، قوطی‌های نمونه‌برداری بالای پوشش گیاهی قرار می‌گرفت و آب آبپاش‌ها، مستقیماً وارد قوطی‌ها می‌شد. هم چنین به‌منظور تعیین ساعت کارکرد دستگاه سرعت حرکت برج آخر نیز تعیین گردید.

**بازده بالقوه چارک پایین کاربرد آب[1] (PELQ):**

بازده بالقوه چارک پایین کاربرد آب، عبارت است از بازده چارک پایین کاربرد قابل حصول از یک روش آبیاری هنگامی‌که آب نفوذ یافته در یک چهارم مساحتی که حداقل آب را دریافت می‌کند، برابر با مقدار کمبود رطوبت خاک (SMD) باشد. کمبود رطوبت خاک (SMD) عبارت است از کمبود رطوبت مجاز (MAD) برای خاک و گیاه مورد نظر، که ممکن است در هر آبیاری تغییر نماید این بازده وقتی که میانگین یک چهارم کمترین مقدار آب نفوذ کرده و ذخیره شده برابر کمبود رطوبت مجاز (MAD) باشد، به‌صورت زیر به‌دست می‌آید(۱۱):

[۱]

$$PELQ = \frac{\text{میانگین یک چهارم کمترین مقدار آب نفوذ کرده در زمانی که برابر MAD است}}{\text{بانگین مقدار آب آبیاری پس از اینکه MAD جبران شده باشد}}$$

**یکنواختی توزیع آب[2] (Du) :**

یکنواختی توزیع (DU) شاخصی از درجه یکنواختی توزیع آب در آبیاری می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود(۱۱):

[۲]

$$DU = \frac{\text{میانگین یک چهارم کمترین مشاهدات نفوذ کرده}}{\text{میانگین آب نفوذ کرده}}$$

مقدار کم DU در صورتی که آبیاری به مقدار کافی انجام شده باشد معرف تلفات آب به شکل فرونشت عمقی است. رولاند (۱۲) گزارش کرد که مقادیر DU کمتر از ٦٧ % قابل قبول نیست.

**تلفات تبخیر و بادبردگی**

در آبیاری بارانی تفاوت بین میانگین آب داده شده و میانگین مقدار آب نمونه‌ها در قوطی

**ضریب یک‌نواختی کریستین‌سن[3] ($CU_c$)**

ضریب یک‌نواختی کریستین‌سن $CU_c$ شاخص خوبی برای نشان دادن یک‌نواختی توزیع آب در ماشین آبفشان دوار می‌باشد و از رابطه زیر به دست می‌آید(٤):

[۳]

$$CU_c = 100 \times \left[1 - \left[\left[\sum_{i=1}^{n} S_i \times \left|V_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i S_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i}\right|\right] \Big/ \left[\sum_{i=1}^{n} V_i S_i\right]\right]\right]$$

n شماره‌های قوطی، $CU_c$ ضریب یک‌نواختی کریستین‌سن، $S_i$ شماره قوطی‌های جمع کننده آب با فواصل یکسان، $V_i$ حجم آب جمع شده در قوطی‌های جمع کننده آب در فاصله $S_i$ می باشد.

[1]-Potential efficiency of low quarter
[2]-*D*istribution *u*niformity
[3]- Christiansen *c*oefficient of *u*niformity

می‌تواند به عنوان تقریبی از آب تلف شده به واسطه تبخیر و باد بردگی محسوب گردد مقدار تلفات تبخیر و باد بردگی برحسب درصد از رابطه زیر به دست می‌آید(۱۰):

$$E=DU-PELQ \quad [٤]$$

فراست و شوالن (۷) بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از ۷۰۰ مورد آبپاش آزمایشی نموگرامی را برای محاسبه تلفات تبخیر و باد بردگی ارائه کرد که با داشتن پارامترهای مانند قطر نازل، فشار آب در آبپاش، سرعت باد و رطوبت نسبی هوا مقادیر تلفات تبخیر و بادبردگی تعیین می گردد. تریمر (۱٦) با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های زیادی که روی نموگرام فراست و شوالن (۸) به عمل آورد معادلات زیر را برای تعیین تلفات تبخیر و باد بردگی ارائه کرد:

$$e_s-e_a=0.61\times\exp[17.27\times T/(T+273)]\times(1-RH) \quad [٥]$$

$$L_s=[1.98D^{-0.72}+0.22(e_s-e_a)^{0.63}+3.6\times10^{-4}\times h^{1.16}+0.144\times u^{0.7}]^{4.2} \quad [٦]$$

که D قطر نازل حسب mm، $e_s-e_a$ کمبود فشار بخار حسب kpa، T دمای هوا حسب سانتی گراد، h فشار آب در نازل حسب kpa ، U سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین حسب (m/s)، $L_s$ تلفات تبخیر و باد بردگی حسب درصد و RH رطوبت نسبی حسب اعشار می باشد.

## نتایج و بحث

به منظور تعیین تلفات تبخیر و بادبردگی، بازده بالقوه چارک پایین کاربرد آب و یکنواختی توزیع آب در آزمایش های مختلف تعیین گردید. برای این کار ابتدا مقادیر عمق آب قوطی‌ها شبیه‌سازی گردید. در این روش مقادیر آب داخل قوطی‌ها در شماره محل آنها ضرب می‌شوند. سپس با استفاده از مقادیر آب شبیه سازی شده و معادله ۱ مقادیر بازده بالقوه چارک پایین کاربرد آب در مراحل مختلف رشد گیاه و در شرایط مختلف اقلیمی از نظر سرعت باد، رطوبت هوا، دمای هوا و با سرعت های متفاوت دستگاه آبفشان دوار تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر PELQ در آزمایش های شماره ۱ تا ۸ روی ردیف های A، B، C و D تعیین شد. نتایج نشان می‌دهد که بازده بالقوه یا بازده چارک پایین در کلیه آزمایش ها و در طول فصل زراعی کمتر از ٦٠ ٪ بوده و قابل قبول نمی‌باشد. با توجه به اینکه آزمایش های شماره ۱، ۳، ٤، ٦، ۷ و ۸ روی ردیف های A و B و آزمایش های شماره ۲، ٥، ٦ و ۷ (آزمایش های٦ و ۷ روی هر چهار شعاع B, A, D, C بود ) روی ردیف های C وD با شیب کمتر انجام گردیده اما اختلاف PELQ در این دو شیب حدود ٥ ٪ می‌باشد که معرف آن است که تاثیر اختلاف ارتفاع در شرایط موجود روی PELQ چندان زیاد نیست. مقدار PELQ در سرعت ٤٠ ٪ دستگاه برابر با ٥٨ ٪ و در سرعت ١٠٠ ٪ دستگاه برابر با ٤٨ ٪ به دست آمده است. این موضوع بیانگر این است که، سرعت چرخش دستگاه بر PELQ اثر گذاشته و سرعت زیادتر دستگاه باعث کاهش ١٠٪ در میزان PELQ شده است. میانگین مقادیر PELQ یا بازده بالقوه چارک پایین در طول فصل زراعی برابر ٥٥٪ به دست آمد که برای دستگاه آبفشان دوار این مقدار کم می‌باشد. (کمتر از ٨١ تا٧٤ برای مناطق مرطوب تا خشک ) و این نشان می‌دهد که ماشین موجود با زمین و شرایط زراعی موجود مطابقت خوبی ندارد و خوب طراحی نشده است. پیشنهاد می‌شود که با کاهش قطر روزنه‌ها و افزایش فشار کارکرد ماشین در جهت اصلاح راندمان بالقوه، اقدام شود که در این صورت راندمان بالاتری حاصل می‌گردد.

با استفاده از مقادیر آب شبیه سازی شده و معادله ۲ یکنواختی توزیع دستگاه آبفشان دوار در شرایط مختلف تعیین گردید. متوسط یکنواختی توزیع (DU) برای ردیف‌های A و B برابر ٦٢ درصد و برای ردیف های C و D برابر ٦٥ درصد به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که یکنواختی توزیع (DU) در ردیف های A و B که دارای شیب بیشتری نسبت به ردیف های C و D می‌باشند ۳ درصد کمتر است. یکی از علت‌های کاهش یکنواختی توزیع (DU) در ردیف‌های A و Bوجود شیب تندتر و اختلاف ارتفاع بیشتر بین ابتدا و انتهای بال آبیاری است. از آنجاییکه اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای بال آبیاری در ردیف های A وB برابر با ٤ متر بود و این اختلاف ارتفاع بیش از ٢٠ ٪ فشار آخرین آبپاش (٢/٢٥ متر) که در انتهای بال بود (اختلاف ارتفاع ابتدا و انتها بال اگر بیشتر از ٢٠٪ فشار انتهای بال باشد باعث توزیع غیر یکنواخت‌تر آب در طول بال خواهد شد ) لذا اختلاف ارتفاع موجود روی یکنواختی توزیع آب اثر گذاشته و باعث کاهش DU شده است. در ردیف های C و D اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای

بال ۰/۵ متر که در واقع تقریباً ۳/۵٦ درصد فشار آخرین آبپاش بود، لذا تاثیر اختلاف ارتفاع ردیف های C و D بر روی DU بسیار کمتر از ردیف‌های A و B بود. اگر چه مقادیر DU به دست آمده در ردیف های C و D بیشتر از ردیف های A و B بود اما مقادیر DU به دست آمده در حد مطلوب و قابل قبول برای دستگاه آبفشان دوار نیست. میانگین یکنواختی توزیع( DU) به دست آمده در طول فصل زراعی برابر٦۳٪ بود که با توجه به معیارهای موجود استاندارد (ASAE)، ((۳) و (۱۰)) که یکنواختی توزیع (DU) کمتر از ٦۷ درصد را غیر قابل قبول می‌داند DU به دست آمده نشان دهنده وضعیت نامناسب ماشین می‌باشد. مقادیر DU ارتباطی به سرعت دستگاه نداشته و روند کاهش و افزایش DU با کاهش یا افزایش سرعت دستگاه یکسان نیست.

جدول۱ – مقادیر ضرایب یکنواختی و بازده بالقوه چارک پایین و تلفات تبخیر و بادبردگی در طول فصل زراعی

| شماره آزمایش | سرعت دستگاه درصد | سرعت باد متر بر ثانیه | ضریب یکنواختی درصد | یکنواختی توزیع درصد | بازده بالقوه چارک پایین درصد | تلفات تبخیر و بادبردگی محاسبه شده درصد× | تلفات تبخیر و بادبردگی اندازه گیری شده درصد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۵۰ | ۲–۷ | ۷٦/۳ | ٦۳ | ۵۳/۷ | ٦/۱ | ۹/۳ |
| ۲ | ٤۰ | ۳–٤/۵ | ۷۸/۸ | ٦٦/۸ | ۵۷/۷ | ۵/۹ | ۹/۱ |
| ۳ | ۵۳ | ۰–۰/۹ | ۷٤/۱ | ٦۱/۸ | ٦۰/۳ | ۲/۷ | ۱/۵ |
| ٤ | ۹۰ | ۲ | ۷۵/٤ | ٦۲/۷ | ۵۷/۳ | ۲/۹ | ۵/۵ |
| ۵ | ٦۷ | ۲ | ۷۷/۱ | ٦۰/۲ | ۵٤/۹ | ٤/۱ | ۵/٤ |
| ٦ | ۱۰۰ | ۲/۵ | ۷۵/۷ | ٦۵/٦ | ٤۸/۲ | ۵/۲ | ۱۷/۵ |
| ۷ | ۹۰ | ۱–۰/۱ | ۷۳/٦ | ٦۱ | ۵٤/٤ | ۲/۱ | ٦/۷ |
| ۸ | ۹۰ | ۲–۱/۵ | ۷۱/۱ | ٦۱/۲ | ۵۳/۵ | ۵/٦ | ۷/۷ |

× به روش تریمر

مقـادیر ضـریب یکنـواختی دسـتگاه بـا استفاده از معادله ۳ تعیین گردید کـه نتـایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین مقادیر ضـریب یک‌نواختی (CU) در طول فصل زراعی برابر۷۵٪ بود که با توجـه بـه اسـتاندارد انجمـن مهندسـین کشاورزی آمریکا (استاندارد ASAE ) (٦) بـرای دستگاه آبفشان دوار( ۹۰ درصد توصیه شـده)، کـم بـوده و نشـان دهنـده عملکـرد نامناسـب ماشـین می‌باشد. به نظر می‌رسد که یکـی دیگـر از دلایـل پـایین بـودن ضـریب یـک‌نـواختی (CU) تـاثیر فـواره‌هـای مجـاور بـرج‌هـا باشـد زیـرا تمـامی آبپاش‌های مجاور برج‌ها آب را بـه صـورت ۱۸۰ پخش می‌کنند نتایج به دست آمده نشان مـی‌دهـد سـرعت چـرخش دسـتگاه بـر ضـریب یک‌نواختی (CU) تاثیری ندارد.

**تلفات تبخیر و بادبردگی**

با استفاده از معادلـه ۴ تلفـات ناشـی از تبخیر و بادبردگی اندازه گیـری شـده در دسـتگاه آبفشان دوار تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۱ ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که حـداقل تلفات تبخیر و بادبردگی در ارتفاع ۳ متـری نـازل هـا ۱/۵٪ و حـداکثر آن ۱۷/۵٪ در طـول فصـل زراعی بوده است. بدیهی است مقـادیر بـالای بـاد بردگـی باعـث کـاهش توزیـع یکنواخـت ذخیـره رطوبتی در سطح مزرعه خواهد شد. نتـایج نشـان می‌دهد که سرعت چرخش دستگاه روی تبخیـر و باد بردگی تاثیری نداشته و زمان آبیاری و شـرایط جوی تنها عامل مـوثر بـر ایـن پـارامتر اسـت. بـه منظور تعیین تلفـات تبخیـر و بـادبردگی محاسـبه شده به روش تریمر با داشتن دما و رطوبت نسـبی و با استفاده از معادله ۵ کمبود فشـار بخـار تعیـین گردید. سپس با داشتن کمبود فشار بخار، سـرعت باد، فشار و قطـر نـازل و بـا اسـتفاده از معادلـه ٦ مقادیر تلفات تبخیـر و بـادبردگی بـا روش تریمـر محاسبه گردید که نتایج آن در جـدول ۱ گـزارش گردیده اسـت. مقـادیر تلفـات تبخیـر و بـادبردگی محاسبه شده با روش تریمر، خیلی کمتر از مقادیر تلفات تبخیر و باد بردگی اندازه‌گیری شده-(DU PELQ)اسـت. علـت آن در نظـر نگـرفتن اثـر غیریکنواختی پخش در محاسـبه تلفـات تبخیـر و بادبردگی توسط روش تریمر است.

## نتیجه‌گیری

بـا توجـه بـه بـادخیـز بـودن منطقـه و اندازه‌گیری‌های سرعت باد، و وجود گـردبادهـای متعدد مشاهده شده در منطقه، درصد قابل توجهی از مقادیر تلفات تبخیـر و بـادبردگی انـدازه‌گیـری شده (اختلاف بین DU و PELQ) مربوط به باد بردگی می‌باشد. با توجه به اینکه در روش تریمـر برای تعیین تلفات تبخیر و بادبرگی، اثر باد بردگی و غیریکنـواختی پخـش لحـاظ نشـده اسـت لـذا استفاده از معادله (٤) در تعیین تلفات تبخیر و بـاد بردگی جواب دقیـق‌تـری را خواهـد داد. پیشـنهاد می‌شود که برای تعیین تلفات تبخیـر و بـادبردگی ماشین آبفشان دوار بجای روش تریمـر از معادلـه (٤) استفاده گردد. برای ماشین آبفشان دوار توصیه می‌شود که در سرعت بادهای بیشتر از ٤/٥ متر بـر ثانیه آبیـاری انجـام نشـود و یـا آبیـاری در شـب صورت گیرد. هم چنین پیشنهاد می‌شود که زمـان آبیاری طوری انتخاب شود که تاثیر غیر یکنواختی در اثر وزش باد را خنثی کند. به عنوان مثـال اگـر

زمان آبیاری ۱۲ ساعت باشد بهتر است که ماشین یک دور در شب (۱۲ ساعت) و یک دور در روز (۱۲ ساعت) حرکت کند یعنی اگر در روز با توجه به بالا بوده تلفات تبخیر و بادبردگی، یکنواختی دستگاه پایین باشد، در شب به دلیل پایین بودن تلفات تبخیر و باد بردگی یکنواختی دستگاه افزایش خواهد داشت. هم چنین اگر زمان آبیاری ٢٤ ساعت محاسبه گردد، توصیه نمی‌شود که ٢٤ ساعت آبیاری انجام شود زیرا در این صورت بخشی از مزرعه همواره در روز و بخش دیگری از مزرعه همواره در شب آبیاری می‌شود و این باعث می‌شود که بخشی از مزرعه همواره با یکنواختی پایین و بخشی دیگر همواره با یکنواختی بالا آبیاری شود. لذا برای رفع این مشکل توصیه می‌شود که زمان آبیاری ٣٦ ساعت در نظر گرفته شود. (مضرب فردی از ۱۲ ساعت) در این صورت در طول دوره رشد این مشکل مرتفع می‌شود.

**تشکر و قدردانی**

بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از زحمات استاد گرامی جناب آقای دکتر علی‌رضا سپاس‌خواه استاد بخش آبیاری دانشگاه شیراز به‌جهت بهره برداری‌های بی‌پایان از محضر درس ایشان اعلام می‌دارم.

**منابع**


۱. میر لطیفی، م. و ج. باغانی. ۱۳۷۵. بررسی تغییر ارتفاع آبپاش بر تلفات تبخیر و بادزدگی در سیستم آبیاری دوار مرکزی. ششمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

2. Allison, S. B. , and V. L. Hesse. 1969. Simulation of wind effects on sprinkler uniformity. J. Irrig. and Drain. DivASCE . 90(IR4):537-550.
3. ASAE Standards, 41st ed. 1994. S436. Test procedures for determining the uniformity of water distribution of center pivot and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzels. ASAE. Trans. 754-755.
4. Bralts, V. F., S. R. Pandey, and A. Miller 1994. Energy savings and irrigation performance of a modified center pivot irrigation system appli. Eng. Agric. 10(1):27-36.
5. Christiansen, J. E. 1942. Irrigation by sprinkling. Bulletin 670, Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley, California.
6. Cuenca, R. H. 1989. Irrigation system design: An approach. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
7. Frost, K. R., and H. C. Schwalen. 1955. Sprinkler evaporation losses. Agric. Eng. 36(8):526-528
8. Frost, K. R., and H. C. Schwalen. 1960. Evapotranspiration during sprinkler irrigation. Trans. ASAE. 3(1):18-20.
9. Lyle, W. M. and J. P. Bordovsky. 1983. LEPA irrigation system evaluation. Trans. ASAE. 26:776-781.
10. Merriam, J. L., and J. Keller. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Utah state university, Utah. p.271.
11. Merriam, J.L., M. Shearer, and C. M. Bort. 1983. Evaluation Irrigation Systems and Practices. In : Jensen M. E. (ed) Design and operation of farm irrigation system. pp: 719-760. ASAE. Monogragh
12. Roland, L. 1982. Mechanized sprinkler irrigation: FAO irrigation and drainage. No.35, P.409.
13. Seginer, I. 1969. Wind variation and sprinkler water distribution. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE. 95:261-274.
14. Tarjuelo, J. M. 1992. Working condition of sprinkler to optimize application of water. J. Irrig. and Drian. Eng. 118(6):895-913.
15. Tarjuelo, J. M., J. Montero, F. T. Honrubia, J. J. Ortiz, and J. F. Ortega. 1999. Analysis of uniformity of sprinkle irrigation in a semi-arid area. Agric. Water. Manage. 40:315-331.
16. Trimmer, W. L. 1987. Sprinkler evaporation loss equation. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 113 (4): 616-620.
17. Wiersma, K. L. 1955. Effect of wind variation on water distribution from rotating sprinkler. Tech. Bull. No. 16. South Dakota agricultural experiment station.
18. Yazar, A. 1984. Evaporation and drift losses from sprinkler irrigation system under various operating condition. Agric. Water Manage. 8:439-449.

# Center pivot irrigation machine and determination of evaporation and wind drift losses


## Abstract

With developing and advance in farm machinary and hydraulic science, huge irrigation machines invented that can irrigate a wide range of fields with high efficiency. on the other hand the limitation of water resources and the necessity of water productivity made the use of these machines unavoidable. In this reseach the evaporation and wind drift losses of Center pivot irrigation system identified in different climate condition. Inorder to determine evaporation and wind drift losses according to ASAE standard four radial line of cans with 6 m spacing were installed. Then the amount of water in the cans, soil moisture and climatic and hydraulic parameter were mesured with deffernt speeds of center pivot system. Result showed that the average distribution uniformity during the griowin season was 63 % this shows that this system is not suitable. The average amount of PELQ during the griowin season was 55%. This shows that this system dose not copatiblethe farm and farming condition. The evaporation and wind drift losses were between 2%-17%. The evaporation and wind drift losses calculated by Trimer method were too less than the measured value. This is the because of not considering the effect of noununiformity in calculating evaporation and wind drift lossesby Frost, Schwalen and Trimer it is recommended not ot irrigate in wind speeds more than 4.5 (m/s) or to do it at night.



**Key words:** Center pivot, Sprinkler, Wind drift losses