

## بررسی نقش آرایش تخلخل بادشکن غیرزنده در تغییر رفتار جریان باد

علی محمد قائمی نیا<sup>۱\*</sup>، محمدعلی حکیمزاده<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۳۰

### چکیده

فرسایش بادی یکی از جنبه‌های بیابان‌زایی و تخریب اراضی در مناطق خشک است. وقوع وزش بادهای با سرعت زیاد علاوه بر کاهش حاصلخیزی خاک، سبب ایجاد خسارت به تأسیسات مستقر در این مناطق می‌شود. احداث بادشکن‌های غیرزنده با شاخه‌های درختان و درختچه‌ها و الوار و همچنین مصالح ساختمانی یکی از شیوه‌های رایج در کاهش خسارت‌ها است. با توجه به وقوع خشکسالی در سال‌های اخیر و لزوم افزایش استفاده بهینه از آب موجود در بخش کشاورزی، استفاده از بادشکن‌های غیرزنده مناسب‌تر به نظر می‌رسد. به منظور بررسی تأثیر انواع الگوهای متداول آجرچینی مشبک در میزان حفاظت بادشکن‌ها از نقاط در پشت خود، یک بررسی آزمایشگاهی در تونل باد انجام شد. بدین منظور پنج الگوی آجرچینی مشبک با تراکم‌های مختلف به همراه شاهد با تراکم ۱۰۰ درصد در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش تخلخل در بادشکن، ضمن کاهش سرعت باد و حفظ منطقه مورد حفاظت، خطوط جریان باد به شکل موازی درآمد و جریان‌های پیچشی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود. در صورتی که با کاهش تخلخل، در خطوط جریان باد جریان پیچشی به وجود آمده و موجب کاهش حفاظت از منطقه مورد نظر می‌شود. نتایج همچنین نشان داد که احداث بادشکن با ارتفاعی کمتر از ارتفاع سازه مورد حفاظت (مانند گلخانه)، به خصوص در بادشکن‌های با تراکم زیاد، نه تنها سازه در برابر وزش باد حفظ نمی‌شود، بلکه با شکل‌گیری جریانی با سرعت بیشتر در روی بادشکن و جریان‌های پیچشی در پشت آن، خسارت‌ها افزایش می‌یابد. از این رو توجه به ایجاد تراکم بهینه با کاربرد الگوهای آجرچینی مشبک مناسب، در احداث بادشکن‌های غیرزنده آجری حائز اهمیت است.

**واژه‌های کلیدی:** فرسایش بادی، تراکم بادشکن، آجر، تونل باد، بیابان‌زدایی.

۱. دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد / Email: a.ghaemini@yahoo.com

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

## مقدمه

فرسایش بادی، ذرات خاک و ماسه و دیگر ذرات را توسط باد طی سه مرحله برداشت و حمل و رسوب، در محیط طبیعی جابه‌جا می‌کند. فرسایش بادی یکی از علت‌های اصلی تخریب خاک، بیابان‌زایی و طوفان‌های ماسه‌ای است (گیست<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). این پدیده باعث مشکلات زیست‌محیطی مانند کاهش اراضی کشاورزی و آلودگی هوا می‌شود (شائو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱). از این رو، استفاده از راهکارهای کاهش اثرات این پدیده در مناطق خشک حائز اهمیت است.

بر اساس بررسی‌های انجام شده فرسایش بادی با گستره‌ای بیش از ۲۰ میلیون هکتار در اراضی کشور رخ می‌دهد (مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۲۰۰۴)، بنابراین انجام پژوهش‌های کاربردی از جنبه‌های مختلف این پدیده، حائز اهمیت است. آثار و تبعات فرسایش بادی و وزش بادهای تند متعدد بوده و شامل کاهش مواد آلی و تغییر فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش ظرفیت نگهداری آب و باروری خاک، آلودگی آب‌های آشامیدنی، آلودگی هوا، ایجاد مشکلات بهداشتی، هجوم ماسه‌های روان و کاهش دید در بزرگراه‌ها و فرودگاه‌هاست (مصطفوی و همکاران، ۲۰۰۵؛ امراللهی و مفیدی‌فر، ۲۰۰۵). یکی از مهم‌ترین مسائل در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی کنترل فرسایش بادی و به تبع آن کاهش تخریب خاک در مناطق بیابانی، کاهش میزان سرعت باد به حد بدون آسیب است.

مقدار مواد جابه‌جا شده توسط باد به انرژی آن که ارتباط مستقیمی با سرعت باد دارد، بستگی دارد. بنابراین استفاده از شیوه‌هایی که به وسیله آن‌ها بتوان سرعت باد را کاهش داد از ضروریات کنترل خسارت‌های این پدیده است. یکی از روش‌های مرسوم در محافظت از محل‌های مورد نظر مانند مزارع، گلخانه‌ها و تأسیسات، احداث بادشکن (زنده یا غیرزنده) در اطراف آن‌هاست که با کاهش قدرت فرسایش بادی، منجر به کاهش خسارات می‌شود.

بادشکن‌های زنده، نوارهایی از درختان با نفوذپذیری

مطلوب‌اند که جریان هوا پس از برخورد به این نوارها به کناری عبور کرده و جریان آرامی را در پشت خود ایجاد می‌کنند و با کاهش سرعت باد باعث ایجاد منطقه امن تا مسافتی می‌شوند که در این منطقه جریان‌های آشفته هوا وجود ندارد (کلاف<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸). بادشکن‌های غیرزنده معمولاً ردیف‌هایی از شاخه‌های خشکیده درختان و دیوارهای ساخته شده از مصالح ساختمانی مانند سنگ، الوار چوبی، گِل و آجر هستند. مشخصه‌هایی نظیر تخلخل، طول، ضخامت، ارتفاع و تراکم، ساختار بادشکن را تشکیل داده و نقش مهمی را در کاهش سرعت باد و بهبود میکروکلیمایی دارند (فوئرید<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

امروزه بادشکن‌های غیرزنده متنوعی به‌خصوص در کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرند. این قبیل بادشکن‌ها به انواع قابل حمل و ثابت نیز تقسیم می‌شوند (خوشحال و همکاران، ۲۰۱۳). بادشکن‌های قابل حمل در انواع فلزی قائم یا شیب‌دارند که می‌توانند اسکلت‌های مجزا یا غیرمجزا داشته باشند. بادشکن‌های ثابت نیز حصارها و فنس‌های دائمی هستند که در یک منطقه ایجاد می‌شوند (کلین<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲).

بادشکن‌های زنده در مقایسه با بادشکن‌های غیرزنده دارای اثراتی مانند تأخیر در رشد محصول به دلیل سایه‌اندازی بیشتر و افزایش رطوبت هوا، رقابت با محصول اصلی در آب، مواد غذایی و نور و به دنبال آن کاهش تولید، ایجاد تعارضات ملکی و محدودیت عملیات کشت و کار به دلیل اشغال اراضی بیشتر و در مواردی باعث تغییرات خصوصیات خاک می‌شوند؛ با این حال، انتخاب نوع بادشکن درختی و غیرزنده و توجه به منابع مالی و هزینه‌های لازم از نکاتی است که باید در طراحی بادشکن منظور شود (رفاهی، ۱۹۹۹).

ارازی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثرات بادشکن درختی با استفاده از درخت گز در اطراف مزرعه‌ای واقع در شهرستان اردکان به این نتیجه دست یافتند که میزان املاح خاک در منطقه بادپناه بادشکن، بیشتر از منطقه بدون بادشکن است. درختان گز شاهی با دفع عناصر نمک از طریق برگ و همچنین با ریختن شاخ و برگ‌های دربردارنده نمک و تجزیه آن در ابتدای کرت‌ها

با توجه به وقوع خشکسالی در سال‌های اخیر و لزوم افزایش استفاده بهینه از آب موجود در بخش کشاورزی، استفاده از بادشکن‌های غیرزنده مناسب‌تر به نظر می‌رسد. در مناطق خشک و بیابانی به دلیل وقوع بادهای شدید، امکان استقرار اولیه نهال‌ها با دشواری همراه است و منجر به شکست پروژه خواهد شد. همچنین خاک‌های حاصلخیز اندک در این مناطق، لزوم استفاده حداکثری از آن‌ها را می‌طلبد. با توجه به گسترش تولیدات گلخانه‌ای در برخی مناطق مستعد در مناطق خشک و افزایش قیمت زمین، حفاظت از سرمایه‌گذاری صورت گرفته در این عرصه‌های کوچک و محدود نیز در اولویت است. بنابراین، احداث بادشکن‌های غیرزنده از مصالح موجود در منطقه، یکی از گزینه‌های پیش روست. با توجه به کمی تولیدات زیستی ارزان قیمت مانند سرشاخه درختان، الوار و... برای احداث بادشکن در مناطق بیابانی، یکی از مصالحی که در گذشته برای احداث بادشکن در این مناطق مورد استفاده قرار می‌گرفته، دیوارهای گلی است که در برابر بادهای غالب منطقه احداث می‌شدند (شکل ۱-الف). در حال حاضر به دلیل توسعه فنی و افزایش سرمایه‌گذاری در مناطق بیابانی، آجر به عنوان یکی از مصالح متداول و آسان در ساخت بادشکن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱-ب).

با توجه به رواج ساخت بادشکن‌های غیرزنده با آجر در اطراف مناطق مورد حفاظت، طراحی بهینه آن‌ها به منظور به حداقل رساندن اثرات مخرب بادهای خسارت‌زا، حائز اهمیت است. عدم طراحی مناسب بادشکن‌ها در مواردی نه تنها باعث کاهش خسارت نمی‌شود، بلکه در مواردی به علت تغییر الگوی رفتار جریان باد و ایجاد جریان‌های پیچکی در اطراف و پشت بادشکن، افزایش خسارت محتمل است. همچنین در برخی موارد (شکل ۲) مشاهده می‌شود که پس از ساخت بادشکن غیرزنده، به علت عدم شناخت رفتار باد در اطراف آن، پروژه با شکست مواجه شده و خسارت‌های مالی زیادی را به دنبال دارد. بنابراین به منظور بررسی تأثیر انواع الگوهای متداول آجرچینی مشبک در میزان حفاظت بادشکن‌ها از نقاط در پشت خود، یک بررسی آزمایشگاهی در تونل باد انجام شد.

باعث افزایش شوری شده و از آنجاکه کرت‌ها مورد آبیاری قرار می‌گیرند، کل کرت تحت تأثیر قرار گرفته و با گذشت زمان شوری خاک، تحت تأثیر این درختان افزایش خواهد یافت. همچنین لادنبرگر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) اظهار کردند که به دلیل مصرف زیاد آب توسط این درخت و افزایش عمق سطح آب زیرزمینی، به مرور زمان خشکیدگی رویشگاه به وجود خواهد آمد.

امیری (۱۹۹۹) به منظور مقایسه اثرات بادشکن‌های مختلف (گز شاهی نیمه‌متراکم و نخل خرما غیرمتراکم) روی تغییرات سرعت باد، به اندازه‌گیری سرعت باد در ارتفاع یک متری اطراف بادشکن‌ها پرداخت. نتایج نشان داد بیشترین کاهش سرعت باد در اطراف نخل خرما مربوط به فاصله چهار برابر ارتفاع بادشکن است و در فاصله هفت برابر ارتفاع بادشکن سرعت باد به سرعت اولیه خود می‌رسد. در صورتی که در بادشکن گز شاهی سرعت باد در فاصله ۱۳ برابر ارتفاع درخت به سرعت اولیه خود رسید.

خوشحال و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی نقش بادشکن غیرزنده نفوذناپذیر بر روی برخی خصوصیات زراعی گندم رقم روشن در محمدآباد اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد میزان عملکرد پارامترهایی مانند وزن هزار دانه، تعداد دانه در هر سنبله و درصد خوابیدگی گندم تابعی از فاصله از بادشکن است، به طوری که بیشترین تأثیر بادشکن بر روی این پارامترها در فاصله‌ای به میزان ۵ برابر ارتفاع بادشکن است و در فاصله‌ای به میزان ۱۵ برابر ارتفاع بادشکن تأثیر آن بر روی این پارامترها به حداقل رسیده و معنی‌دار نیست.

تراکم و نفوذپذیری بادشکن نقش مهمی در مسافتی دارد که در آن بادشکن سرعت و جریان باد را تغییر می‌دهد (ارازی، ۲۰۱۱). در یک بادشکن قابل نفوذ (زنده یا غیرزنده)، قسمتی از باد از داخل بادشکن رد و قسمت دیگر آن به طرف بالای بادشکن منحرف شده و از آن عبور می‌کند که به دلیل تقسیم جریان باد، منطقه‌ای با باد کم سرعت به وجود آمده و طول آن به ساختمان و ارتفاع بادشکن بستگی دارد (کرنلیس<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۷).



شکل (۱): بادشکن‌های غیرزنده با مصالح الف. گلی در اطراف مزرعه (امیری و همکاران، ۲۰۱۲): ب. آجری در اطراف گلخانه

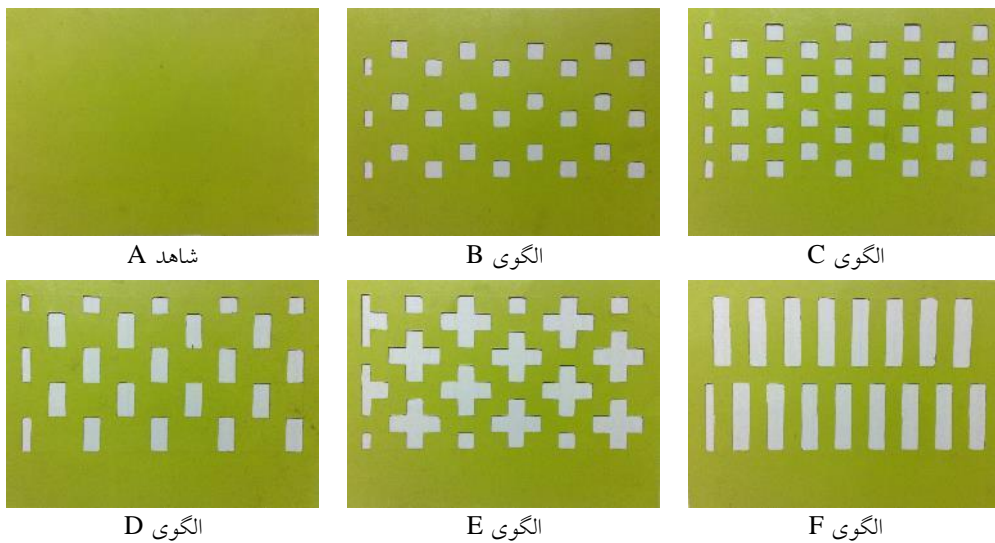


شکل (۲): بادشکن غیرزنده با الگوهای آجرچینی مشبک متداول و اصلاح دستی آن

### مواد و روش‌ها

در این بررسی، رفتار پنج الگوی آجرچینی در ساخت بادشکن‌های غیرزنده با استفاده از مصالح آجر و سیمان مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۳). برای این منظور، با ساخت نمونه‌های کوچک مقیاس از این بادشکن‌ها با مساحت رو به باد

یکسان، رفتار آن‌ها در داخل تونل باد در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. جدول (۱) مشخصات هریک از الگوهای مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل (۳): الگوهای آجرچینی مورد بررسی در تحقیق

جدول (۱): مشخصات الگوهای مورد بررسی در یک مساحت با واحد یکسان

الگوی F	الگوی E	الگوی D	الگوی C	الگوی B	شاهد A	
۱۴۸/۵	۱۴۸/۵	۱۴۸/۵	۱۴۸/۵	۱۴۸/۵	۱۴۸/۵	مساحت آجرچینی مشبک
۸۲/۵	۸۸	۱۱۰	۱۱۲	۱۲۳	۱۴۸/۵	مساحت آجردار
۴	۵	۲	۱	۱	۰	مساحت یک حفره
۶۶	۶۰/۵	۳۸/۵	۳۶/۶	۲۵/۵	۰	مجموع مساحت حفره
%۵۵	%۵۹	%۷۴	%۷۵	%۸۳	%۱۰۰	تراکم
%۴۵	%۴۱	%۲۶	%۲۵	%۱۷	%۰	تخلخل

### آزمایش تونل باد

ارزیابی الگوهای مختلف تخلخل در کارایی بادشکن غیرزنده در تونل باد انجام شد. به این منظور با ساخت ابعاد آزمایشگاهی از الگوهای مختلف، رفتار باد مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در یک تونل باد از نوع مدار باز با سرعت باد ثابت ۱۰ متر بر ثانیه با ابعاد ۶۰۰×۷۵×۷۵ سانتی متر انجام شد. برای ارزیابی میزان حفاظت هریک از الگوهای تخلخل بادشکن، از توده دو کیلوگرمی از ماسه روان (بادی) در پشت بادشکن استفاده شد. قبل از شروع آزمایش برای الگوهای تخلخل، معلوم شد که برای برداشت

و انتقال کامل این توده ماسه در حالت بدون بادشکن، به ۲۰ دقیقه زمان لازم است؛ از این رو، برای بررسی هریک از الگوها، پس از مدت ۲۰ دقیقه از شروع آزمایش تونل باد خاموش و مقدار ماسه روان به جامانده اندازه گیری شد. همچنین به منظور ارزیابی آماری کارایی، آزمایش در قالب بلوک‌های تصادفی در ۴ تکرار در نرم افزار SPSS انجام شد و علاوه بر وزن ماسه، بیشینه طول ماسه باقی مانده و محل قرارگیری قلّه ماسه به جای مانده نیز اندازه گیری شد. جدول (۲) تغییرات شکل توده ماسه دو کیلوگرمی در پشت هریک از بادشکن‌ها را با توقف ۵ دقیقه‌ای آزمایش نشان می دهد.

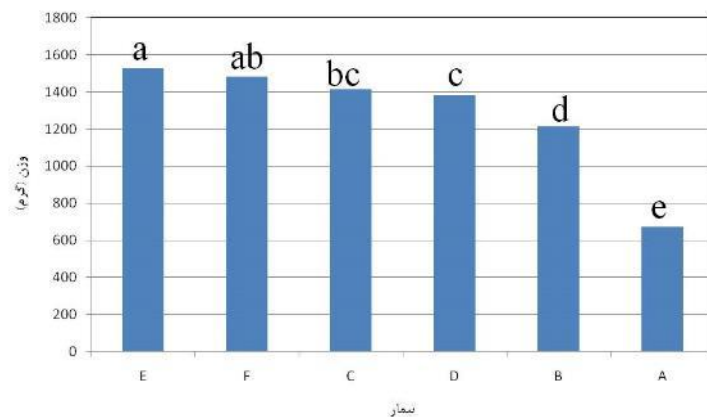
جدول (۲): تغییرات شکل توده ماسه در پشت بادشکن غیرزنده با الگوهای مختلف آجرچینی در بازه زمانی ۵ دقیقه

	شروع	۵ دقیقه	۱۰ دقیقه	۱۵ دقیقه	۲۰ دقیقه
A					
B					
C					
D					
E					
F					

### نتایج

شکل (۴) تغییرات مقدار توده ماسه حفاظت شده در پشت هریک از الگوهای تخلخل بادشکن غیرزنده را نشان می دهد. همان گونه که مشخص است، بادشکن با تراکم ۱۰۰٪ (A) دارای کمترین مقدار حفظ ماسه بوده و دارای تفاوت

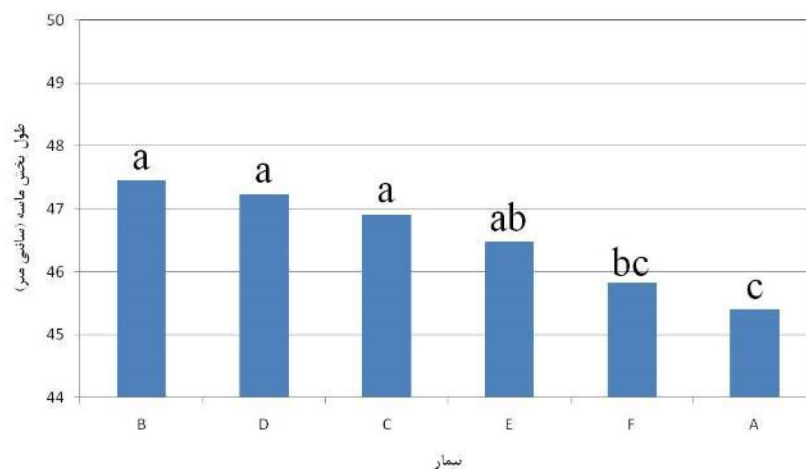
معنی داری در سطح ۵ درصد با سایر الگوها دارد. همچنین الگوی E با تمامی الگوها به جز الگوی F، به صورت معنی داری بیشترین وزن ماسه (۷۵٪ وزن ماسه اولیه) را در پشت خود حفظ کرده است.



شکل (۴): تغییرات وزن توده ماسه دو کیلوگرمی در پشت الگوهای مختلف آجرچینی بادشکن پس از ۲۰ دقیقه

بادشکن باعث می‌شود که سرعت باد کافی برای برداشت این ذرات در این نقطه از بادشکن کمتر به وجود آمده و این ذرات در جای خود باقی بمانند. اگرچه ممکن است با افزایش زمان آزمایش به بیش از ۲۰ دقیقه، مقدار بیشتری از این ذرات از پشت بادشکن از دست برود.

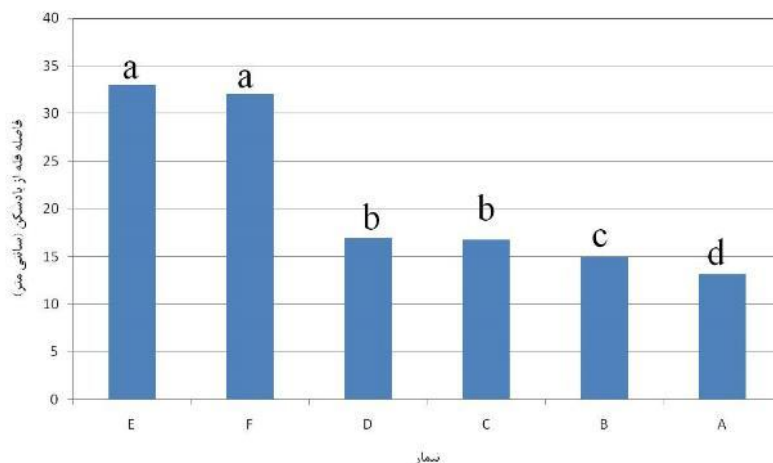
نتایج حاصل از اندازه‌گیری طول پخشیدگی توده ماسه اولیه (دو کیلوگرمی) در داخل تونل باد نشان می‌دهد که الگوهای B، C و D دارای کشیده‌ترین طول پخشیدگی هستند (شکل ۵) که به سبب اثرات ناشی از تشکیل جریان پیچشی در میان توده ماسه به وجود آمده‌اند. تقابل جریان‌های هم‌سوی باد و مخالف جهت باد در فاصله‌ای دورتر نسبت به



شکل (۵): بیشینه طول پخشیدگی توده ماسه دو کیلوگرمی در پشت الگوهای مختلف آجرچینی بادشکن پس از ۲۰ دقیقه

فاصله‌ای کمتر نسبت به الگوهای E و F قرار دارد (شکل ۶). کاهش سرعت باد در پشت بادشکن‌های الگوی E و F و خطوط جریان موازی در آنها سبب می‌شود که توده ماسه به آرامی به عقب رفته و در آنجا تجمع یابند.

نتایج حاصل از بررسی محل قرارگیری قلعه توده ماسه باقی‌مانده در پشت هر یک از الگوهای تخلخل بادشکن نشان می‌دهد که به دلیل شکل‌گیری جریان پیچشی در پشت بادشکن‌های الگوی A، B، C و D و جریان خلاف جهت در سطح ماسه، محل قرارگیری ماسه به‌طور معنی‌داری در



شکل (۶): فاصله قرارگیری قله توده ماسه دو کیلوگرمی در پشت الگوهای مختلف آجرچینی بادشکن پس از ۲۰ دقیقه

### بحث و نتیجه گیری

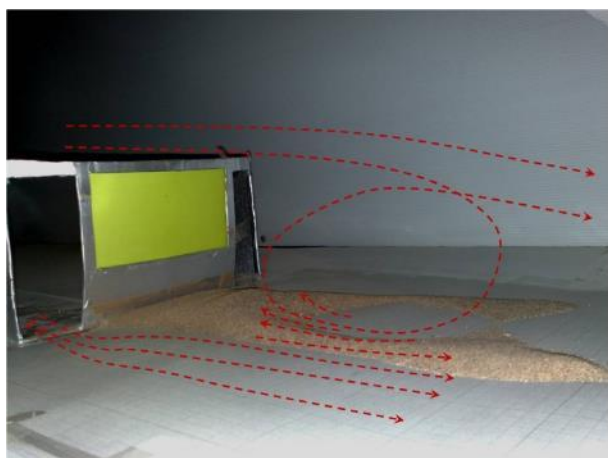
تجزیه و تحلیل رفتار جریان باد در اطراف انواع مختلف بادشکن از ضروریات است و عدم توجه به آن، سبب اتلاف هزینه‌ها و گاهی خسارت‌های بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی ۶ الگوی تخلخل بادشکن غیرزنده آجری در این پژوهش نشان داد که الگوی شاهد با تراکم ۱۰۰٪ دارای کمترین کارایی در حفظ توده ماسه در پشت خود بود که این ناشی از ایجاد جریان معشوش و پیچشی در پشت بادشکن است (شکل ۷). از این رو، استفاده از این بادشکن غیرزنده، علاوه بر تشدید اثرات باد، با افزایش قابل توجه مصالح مورد استفاده، هزینه‌ها افزایش می‌یابد.

الگوی B با تخلخل ۱۷٪ دارای اختلاف معنی‌داری در

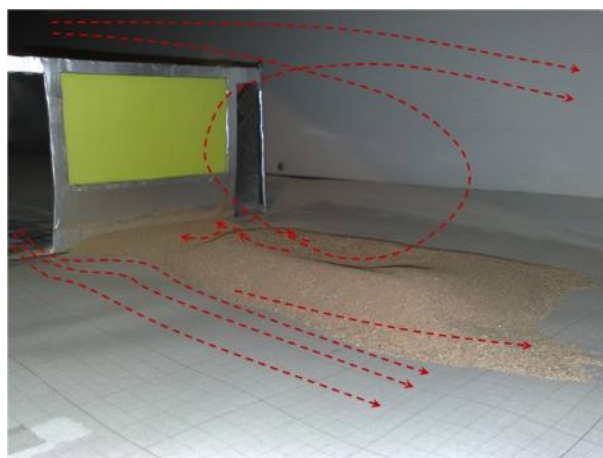
سطح ۵ درصد با سایر الگوها در حفظ توده ماسه در پشت خود است؛ اما در مقایسه الگوی C با الگوهای D و F اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

با بررسی الگوهای تخلخل بادشکن B، C و D مشاهده شد که در توده به‌جامانده از توده اولیه (دو کیلوگرمی)، فرورفتگی قابل مشاهده است. البته شدت این فرورفتگی به ترتیب در الگوهای B، C و D رو به کاهش بود. با مشاهده دقیق ذرات ماسه در این محدوده در تکرارهای مختلف از آزمایش، جهت حرکت خلاف جهت باد به اثبات رسید که ناشی از شکل‌گیری جریان پیچشی در پشت بادشکن است. البته این جریان پیچشی به شدت الگوی شاهد (A) نخواهد بود.

(ب)



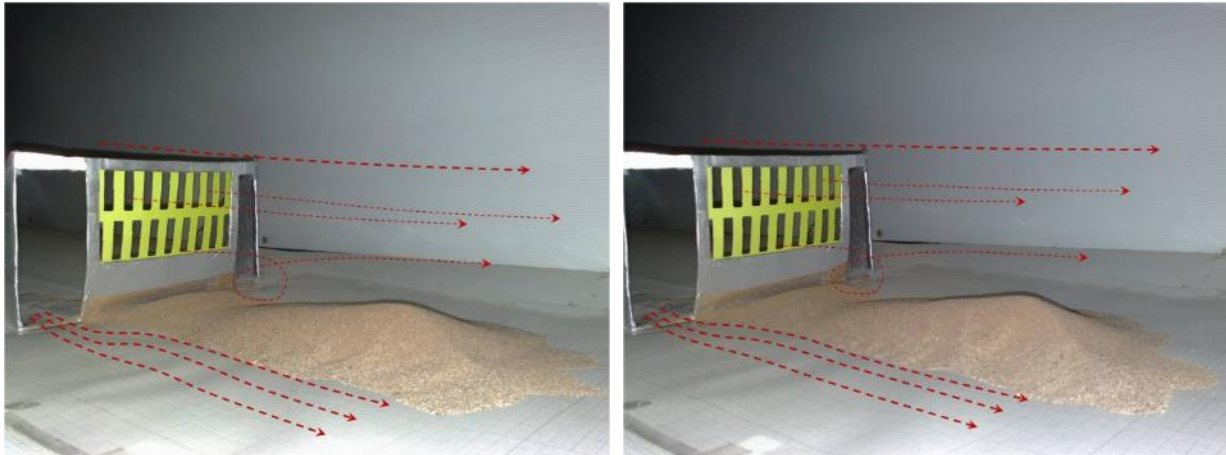
(الف)



شکل (۷): جریان باد در اطراف بادشکن غیرزنده با تراکم ۱۰۰ درصد الف. پس از ۱۰ دقیقه؛ ب. پس از ۲۰ دقیقه

جریان در بادشکن الگوی E نیز قابل مشاهده است (جدول ۲). همچنین وقوع جریان پیچشی در این دو نوع الگو نیز در محلی به فاصله اندک از بادشکن نیز مشاهده می شود که ناشی از تراکم ۱۰۰ درصدی بادشکن در قسمت پایین دیوار آجری است که به منظور افزایش مقاومت پایه دیوار به شکل متداول، غیرقابل حذف یا تغییر است.

شکل (۸) الگوی تغییرات جریان باد در اطراف بادشکن الگوی F را نشان می دهد. همان گونه در این شکل مشخص است، به دلیل عدم ایجاد سطح منحنی در توده به جامانده از توده ماسه اولیه (دو کیلوگرمی)، خطوط جریان باد در اطراف این بادشکن به صورت موازی است و بروز هر گونه آشفتگی عمده در آن ها قابل تشخیص نیست. البته این رفتار خطوط



شکل (۸): جریان باد در اطراف بادشکن غیرزنده با تراکم ۵۵ درصد الف. پس از ۱۰ دقیقه؛ ب. پس از ۲۰ دقیقه

تحقیق مشخص شد ایجاد جریان های پیچشی در پشت بادشکن های متراکم می تواند اثرات مخربی بر منطقه نیاز به حفاظت به دنبال داشته و این خصوصیت مزیتی برای این بادشکن ها محسوب نمی شود.

از آنجاکه باید تعادلی بین مقدار انرژی از دست رفته در ابتدای جریان باد و شکل گیری مجدد آن در جریان چرخشی باد به وجود آید، نتایج نشان داد موانع متراکم تر، تلاطم بیشتر باد را سبب می شوند که با نظر گلیسمن<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) مطابقت دارد.

نتایج همچنین نشان داد برای افزایش سطح حفاظت منطقه پشت بادشکن علاوه بر افزایش ارتفاع بادشکن، طول بادشکن را نیز باید بیشتر از عرض این منطقه در نظر گرفت تا اثر جریان های پیچشی هرچه بیشتر از منطقه مورد نظر دور شوند.

همچنین بررسی خطوط جریان نشان داد که برای حفاظت از مناطق مورد نظر با ارتفاع مشخص مانند گلخانه ها، لازم است ارتفاع بادشکن حداقل هم ارتفاع با سازه مورد نظر باشد تا بادهای در ارتفاع بیشتر که معمولاً سرعت بیشتری نسبت به سرعت باد در ارتفاع های نزدیک سطح زمین دارند، موجب بروز خسارت نشوند.

نتایج بررسی های مختلف در مورد اثر تراکم بادشکن در میزان کاهش سرعت باد (رفاهی، ۱۹۹۹؛ خوشحال و همکاران، ۲۰۱۳) نشان می دهد توانایی بادشکن متراکم در کاهش سرعت باد، زیاد است ولی این تأثیر تا فاصله کوتاهی است؛ به طوری که بادشکن های متراکم باعث کاهش بیشتر سرعت باد در نزدیک بادشکن می شوند.

در صورتی که همان طور که مشاهده شد (شکل ۵)، اثر بادشکن غیرمتراکم در کاهش سرعت باد کم است ولی این تأثیر تا فاصله بیشتری است. ارزی (۲۰۱۱) نیز معتقد است موانع متراکم، سرعت و شدت باد را به میزان بیشتری به طور مستقیم در منطقه بادشکن کاهش می دهند، در حالی که در این



## منابع

1. Amiri, I., 1999. Evaluation of different windbreaks on wind speed changes in Jiroft and Kahnooj. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Zabol (in Farsi).
2. Amiri, I., Taei, J., Ekhtesasi, M. R., Shahryari, A. R., 2012. Turbulent Velocity Fluctuations as Affected by Biotic and Abiotic Windbreaks under Field Conditions, Greener Journal of Physical Sciences, Vol. 2 (4), 141-147 (in Farsi).
3. Amrollahi, H. & Mofidifar, M., 2005. Wind erosion and dust storms social and economic reviews in the region of Bam Narmanshir. First national conference of wind erosion and dust storm, 16-17 Feb, Yazd University (in Farsi).
4. Arazi, A., 2011. The effect of agroforestry (windbreaks of trees) on wheat yield in arid areas (Case study: Ardakan). M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, Yazd University (in Farsi).
5. Arazi, A., Emtahani, M. H., Ekhtesasi, M. R. & Sodaeezadeh, H., 2013. Effect of Tamarix aphylla as tree windbreak on salinity soil agriculture lands in dry region (case study: Ardakan). Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), 99, 53-59 (in Farsi).
6. Clough, H. A., 1998. Effects of windbreak on airflow, microclimates and crop yields, Agroforestry system, 41: 55-84.
7. Cornelis, W. M., Gabriels, D. and Lauwaerts, T., 1997. Simulation of windbreak for wind erosion control in a wind tunnel, M.Sc., [www.ksu.edu/symposium/proceedingweru](http://www.ksu.edu/symposium/proceedingweru).
8. Foereid, B., BRO, R., Ogsen, V. O., Porter, J. R., 2002. Effects of windbreak strips of willow coppice- modeling and field experiment on barley in Denmark, Ecosystem and Environment, 93: 25-32.
9. Forests, Range and Watershed management organization of Iran, 2004. National Action Plan desertification and mitigate the effects of drought Islamic Republic of Iran. Puneh press, Tehran, 55 pp (in Farsi).
10. Geist, H. J., 2005. The Causes and Progression of Desertification. Ashgate, Burlington.
11. Gliessman, S., 2004. Agroecology. Nasiri mahallati, M. Rezvani, P. & Beheshti, A., Mashhad, Ferdowsi university of mashhad.
12. Khoshhal, J., Vali, A. A. & Poorkhosrovan, M., 2013. Investigation of windbreak role on wheat crop properties in mohammad abad of Isfahan, Geography and Management, 16 (42): 139-153 (in Farsi).
13. Klein, L., 2002. Portable Windbreak Fences, Alberta, Saskatchewan Agriculture and Food, Canada.
14. Ladenburger, C. G., Hild, A. L., Kazmer, L. C., Munn, L. C., 2005. Soil salinity patterns in tamarix invasions in the Bighornbasin, Wyoming and USA, Arid Environment, 65: 111-128.
15. Mostafavi, S. M., Yazdanpanah, H. & Paraned khuzani, A., 2005. The trend of wind erosion by using climate data. First national conference of wind erosion and dust storm, 16-17 Feb, Yazd University (in Farsi).
16. Refahi, H. G., 1999. Wind erosion and conservation. Tehran, Tehran university press (in Farsi).
17. Shao, Y.P., 2001. Physics and Modelling of Wind Erosion. Springer, Netherlands.

## Investigation of abiotic windbreak porosity patterns on change of air flow

Ali Mohammad Ghaemina<sup>1\*</sup>, Mohammad Ali Hakimzadeh<sup>2</sup>

Received: 19/6/2017

Accepted: 21/9/2017

### Abstract

Due to the drought in recent years and the need to increase the efficient use of water in agriculture, the abiotic windbreak appears to be more suitable than biotic. In order to investigate the effects of lattice brick patterns in protection of the windbreak on the back, an experimental study was carried out in a wind tunnel. For this purpose, five lattice brick patterns with different densities, with density of 100% for the control in a randomized complete block design with four replications were studied. The results revealed that with increasing porosity in the windbreaks, while reducing wind speed and keeping the area protected; flow lines become parallel and vortex currents are not observed. While with reduced porosity, the wind streamlines the flow and becomes turbulent and reduces protection in the desired area. Also, results showed that the construction of windbreaks with a height less than the height of the protection structures (like a greenhouse), especially in high-density windbreaks, not only protect against winds not retained, but also with the formation of more rapid and vortex flows behind the windbreaks, the damage increases. Thus, attention to create optimum density with the use of appropriate lattice patterns is important in establishing abiotic brick windbreaks.

**Keywords:** Wind erosion, Density of windbreak, Brick, Wind tunnel, Combat to desertification.

---

1. Ph.D. Candidate of combat to desertification, Yazd University/ Email: a.ghaemina@yahoo.com  
2. Assistant professor, Yazd University