پژوهش‌های آبخیزداری شماره ۸۹، زمستان ۱۳۸۹
(پژوهش و سازندگی)

تاثیر الگوی کاشت و تراکم بادشکن زنده بر میزان سرعت باد در دشت حسین‌آباد سربیشه

• **حسین قاسمی**، کارشناس ارشد بیابانزدایی دانشگاه زابل (نویسنده مسئول)
• **علیرضا شهریاری**، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل
• **اکبر فخیره**، استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل
• **محمد جعفری**، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **غلامرضا هادربادی**، سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی
تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۸۹
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۳۵۶۰۷۷۷۵۴
Email: gh.hossein@gmail.com

چکیده

از مهم‌ترین ویژگی‌های مناطق خشک تاثیر باد و فرسایش بادی می‌باشد که روند بیابانزایی را تشدید می‌کند. یکی از منابع اصلی فرسایش و برداشت ماسه در مناطق بیابانی، مزراع می‌باشند. از دیگر سو بادشکن تاثیر زیادی در کاهش سرعت باد و ایجاد میکروکلیما در پشت و جلو بادشکن دارد. دشت حسین‌آباد سربیشه جزو مناطق بیابانی به شمار می‌رود و در معرض وزش بادهای ۱۲۰ روزه قرار دارد. در این تحقیق بادشکن زنده از نوع علوفه‌ای *(Zea mays* و *Sorghum bicolor)* با دو آرایش و سه تراکم مختلف در سه تکرار و عمود به جهت باد غالب منطقه ایجاد و سرعت باد در فواصل معین در جلو و پشت بادشکن پایش گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های باد نشان داد که آرایش مثلثی و تراکم ناشی از فاصله کاشت ۶۰ سانتی‌متر بر روی ردیف مطلوب‌ترین آرایش و تراکم در کاهش سرعت باد می باشد و مسافت بیشتری از پشت بادشکن را محافظت نموده و به عنوان موثرترین بادشکن در منطقه مورد نظر پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: فرسایش بادی، بادشکن، سرعت باد، پایش، حسین‌آباد سربیشه

www.SID.ir

Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 89 pp: 16-26

Effect of pattern and density of live windbreak on the wind speed in the Hussein Abad plain, Sarbisheh

By: H. Ghasemi, MSc. Graduate of Combating Desertification, Zabol University, Iran (Corresponding Author; Tel: +989356077754), A .Shahryari, Associate Professor of Zabol University, Iran, A. Fakhire, Assistant Professor of Zabol University, Iran, M. Jafari, Professor of Tehran University, Iran and Gh. Hadarbadi, PhD of Environment, Chief of Jahad Organization, South Khorasan Province, Iran.

Tow important characteristics of arid and semi arid regions are wind and wind erosion which accelerate desertification process. Farmlands are on of the major sources of soil particles detachment and consequent erosion. Windbreak is an effective tool in reducing wind speed and making microclimates in its windward and leeward. Plain of Hussein-Abad Sarbisheh is located under an arid climate condition and Sistan 120-days wind has destructive influence on soil and yield of agricultural fields. In this research, live windbreaks (*Zea mays* and Sorghum bicolor) were created in different patterns and densities at three replications. Wind speed was monitored in definite distances from windward and leeward of windbreak. Results of data analysis from wind speed monitoring was revealed that triangular arrangement in three densities (i.e., density of 60 cm in rows) is the most effective pattern in density of windbreak to reduce wind speed and protect high distance from leeward of windbreak and offer this windbreak as effective windbreak in Hussein Abad plain.

Keywords: Wind Erosion, Windbreak, Wind speed, Monitoring, Hussein Abad Sarbisheh

Archive of SID

مقدمه

بیش ازدو سوم کشور ما را اراضی خشک و نیمه خشک تشکیل داده است (۱). در مناطق بیابانی به دلیل خصوصیات فیزیکی - شیمیایی و کمبود رطوبت خاک، چسبندگی بین ذرات خاک کم می‌باشد که موجبات تشدید حساسیت اراضی به فرسایش بادی را فراهم آورده است (۷). نتیجه‌ی مستقیم فرسایش بادی کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش کشت و کار و در دراز مدت کاهش عملکرد می‌باشد (۳). با توجه به افزایش جمعیت و میزان تقاضا مجبور به افزایش تولید از طریق نامتعارف مانند افرایش کوددهی، بالا بردن سطح کشت و فشار بر مراتع هستیم که بی‌شک دستاوردی جز شوری اراضی، کشاورزی ناپایدار و در پی آن افزایش مهاجرت نخواهد داشت (۵). باد با افزایش تبخیر، میزان رطوبت خاک را کاهش داده و آن را مستعد فرسایش بادی می‌سازد که این امر در مناطق خشک اهمیت بیشتری دارد (۶). یکی از شیوه‌های اصولی کنترل اراضی تحت فرسایش بادی احداث بادشکن است (۹). بادشکن مانعی است که معمولا عمود بر جهت باد غالب ساخته می‌شود تا با کاهش سرعت باد فرسایش را محدود سازد. بادشکن در واقع برای حمایت مزارع، باغ‌ها، حیوانات خانگی و ساختمان‌ها از اثرات سوء بادهای شدید، به کار می‌رود. بادشکن ممکن است از مواد مصنوعی و یا از درخت و درختچه، نباتات بلند مانند ذرت، آفتابگردان و غیره تشکیل شده باشد. بنابراین دو نوع بادشکن وجود دارد: بادشکن‌های غیرزنده یا مصنوعی یا مکانیکی و بادشکن‌های زنده یا درختی (۴). احداث بادشکن تبخیر پتانسیل را به میزان ۱۵ درصد و میزان بادبردگی ذرات را تا حدود ۵۰ درصد در برآمدگی‌ها و ۷۰ درصد در نقاط پست کاهش می‌دهد (۱۳) تراکم و آرایش بادشکن نقش مهمی در کاهش سرعت باد دارند (۲). بر اساس یافته‌های تحقیقاتی بادشکن‌های ۳، ۵ و ۷ ردیفه، هنگامی بیشترین تاثیر را در کاهش فرسایش بادی خواهند داشت که بلندترین درختان به ترتیب در ردیف‌های دوم، چهارم و پنجم کاشته شوند (۱۷). از نظر تخلخل بیشترین تاثیر بادشکن‌ها مربوط به بادشکن‌های با تخلخل ۵۰ درصد است. هاگن اظهار می دارد که بادشکن‌های با تخلخل ۴۰ تا ۵۰ درصد ایده آل است (۱۵). نگلی (۱۹۸۷) در سویس برای بررسی تاثیر درجه نفوذپذیری بادشکن در کاهش سرعت باد، بادشکن‌هایی را که نفوذپذیری آنها حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد بود متراکم، آنهایی که نفوذپذیری آنها بیشتر از ۴۵ درصد بود را غیر متراکم نامید. بادشکن‌های نیمه متراکم، در حد فاصل این دو نوع قرار دارند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که اثر بادشکن‌های متراکم و غیرمتراکم در کاهش سرعت باد در ۸ برابر ارتفاع بادشکن در جلو آن و ۳۰ برابر ارتفاع بادشکن در پشت آن، ظاهر می‌شود. اثر بادشکن متراکم در کاهش سرعت باد در جلو بادشکن و همچنین تا ۴ برابر ارتفاع بادشکن در پشت آن، بیشتر از بادشکن غیر متراکم می باشد. اثر بادشکن غیر متراکم از فاصله ۴ برابر ارتفاع بادشکن به بعد در پشت آن، بیشتر از اثر بادشکن متراکم است (۸) . نخجوانی (۱۳۴۸) با احداث ایستگاه فرسایش بادی در الباجی اهواز پس از طراحی بادشکن به بررسی میزان درصد کاهش سرعت باد توسط بادشکن پرداخت. وی در واقع تحقیقات نگلی را برای سرعت‌های بالاتر باد (۸۰ کیلومتر بر ساعت) تکمیل نمود (۱۲). دانشگاه علوم مهندسی کشاورزی فلسطین اشغالی (۲۰۰۵) در بررسی پایداری جو روی بادشکن به این نتیجه رسیدند که حداکثر تاثیرمطلق بادشکن در فاصله ۱۰ برابر ارتفاع بادشکن بعد از بادشکن بوده است که نقش بادشکن در افزایش عملکرد محصولات زراعی را نشان می دهد و ضریب کشیدگی بادشکن در حدود ۰/۷ در جو طبیعی بوده است و با افزایش ناپایداری کاهش می‌یابد (۱۴). Dong (۲۰۰۶) بمنظور بررسی تاثیر بادشکن بر روی سرعت باد از

www.SID.ir

تونل بادی بهره گرفت و بادشـکن‌های بـا تخلخل ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ را مـورد آزمایش قرار داد. وی تراکم بادشـکن را یکی از عوامل مهم در تقلیل سرعت باد عنوان نمود و بادشکن با تخلخل ۰/۴ را به عنوان موثرترین بادشکن پیشنهاد نمود (۱۸). امیری و شـهریاری (۱۳۸۷) اثرات بادشکن های موجود روی سرعت باد در جیرفت وکهنوج مورد بررسـی قرار دادند و با انجام این تحقیق مناسـب‌ترین فاصله و طراحی بادشـکن را برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد نمود (۲). قاسمی (۱۳۸۷) گونه مناسـب احداث بادشکن به منظور حفاظت مزارع زعفران در برابر بادهای فرسـاینده منطقه اسفدن را زرشک (*Berberis vulgaris*) معرفی و علاوه بر طراحی بادشکن، تفاوت عملکرد ناشی از احداث بادشکن را برآورد و توجیه اقتصادی نمود (۸).

هدف تحقیق تهیه و ترسیم پروفیل سرعت باد در قبل و بعد از بادشکن علوفه‌ای با خصوصیات مختلف و ارائه بهترین آرایش و تراکم (فاصله کشت گیـاه در روی ردیف‌ها) بادشـکن به منظور تقلیل اثر بادهای فرسـاینده از طریق پایش سرعت باد در دشت حسین آباد سربیشه بود. با ایجاد موثرترین آرایش و تراکم ناشی از فاصله مناسب کشت در روی ردیف، قادر به حفاظت مزارع از آثار مخرب بادهای فرسـاینده و افزایش عملکرد محصولات زراعی خواهیـم بـود. با بهره گیری از بادشـکن علوفه ای علاوه بـر قابلیت تغییر مکانی و زمانی آن، بخشی از علوفه دام تامین و فشار بر مراتع تقلیل خواهد یافت.

مواد و روش‌ها

تحقیق جاری در سـال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه آزمایشـی حسین آباد غیناب سربیشـه استان خراسان جنوبی انجام گرفت. محدوده مورد مطالعه در جنوب شـرق شهرستان بیرجند و شرق شهرسـتان سربیشه قرار دارد. فاصله آن تا شهر سربیشه حدود ۴۵ کیلومتر و با شهر بیرجند ۱۱۱ کیلومتر می باشد. این مزرعه آزمایشی در ارتفاع متوسط ۱۵۶۰ متر از سطح دریای آزاد در موقعیت جغرافیایی "۵۶ ′۱۴ °۶۰ طول خاوری و تا "۵۳ ′۲۵ °۳۲ عرض شمالی جغرافیایی قرار گرفته است. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی و ایران نشان داده شده است. دمای ماهانه

شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی احداث بادشکن

شاخص	pH	EC (ms/cm)	Ca(meq/litr)	Mg(meq/litr)	Na(meq/litr)
مقدار	۸/۱۲	۸/۸	۳۰/۴	**۲۲/۴**	**۷۸/۲۶**
شاخص	K (meq/litr)	HCO۳ (meq/litr)	Cl (meq/litr)	**SO۴ (meq/litr)**	**مجموع آنیون ها (meq/litr)**
مقدار	۷۸/۲۶	۱۱/۲	۶۷	**۵۵/۰۳**	**۱۳۳/۲۳**
شاخص	مجموع کاتیون‌ها (meq/litr)	SAR	٪ آهک	**٪ گچ**	**٪ کربن آلی**
مقدار	۱۳۱/۰۶	۱۵/۲۵	۱۵/۵	**۱/۲**	**۰/۰۷۸**
شاخص	P (ppm)	(ppm) پتاسیم قابل جذب	٪ شن	**٪ سیلت**	**٪ رس**
مقدار	۰/۰۷	۲۲۶	۸۰	**۱۶**	**۴**

www.SID.ir

۱۰ تا ۱۷ درجه سلسیوس می‌باشد که متوسط حداقل دما به ۱ درجه و حداکثر مطلق به ۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. ۶۰ درصد بارندگی سالیانه (۱۲۰ میلی‌متر) در فصل زمستان صورت می‌پذیرد. تعداد روزهای یخبندان در این منطقه حدود ۷۴ روز است. با توجه به اقلیم سرد و خشک منطقه میزان تبخیر زیاد و متوسط سالانه ۳۴۰۰ میلیمتر در سال می‌باشد (۱۱).

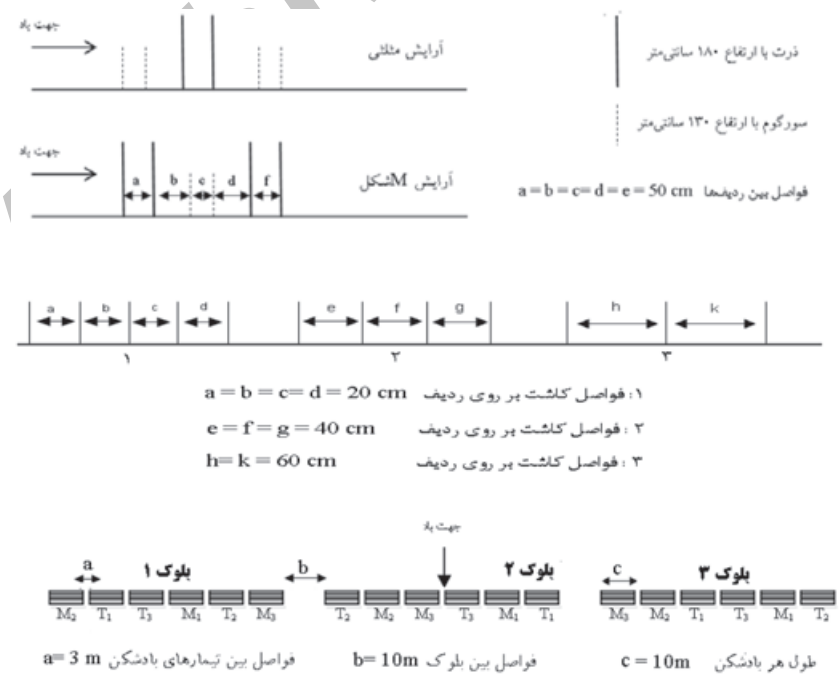
مهمترین علل انتخاب منطقه مورد مطالعه، اقلیم بیابانی و وزش بادهای فرساینده ۱۲۰ روزه سیستان می‌باشد. برای تعیین وضعیت حاصلخیزی خاک مزرعه نمونه برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی متر از نقاط مختلف مزرعه به طور تصادفی انجام شد (جدول ۱).

نتایج آنالیز خاک نشان داد که خاک بافت سبک دارد و از نظر حاصلخیزی بسیار فقیر است. با در نظر گرفتن نتایج آزمایشات خاک و نوع گیاه میزان ۳۰ تن در هر هکتار کود دامی، اوره ۳۵۰، فسفر ۱۸۰، سولفات پتاسیم ۲۰۰، سولفات منگنز ۸۰ و سولفات روی ۴۰ کیلوگرم در هر هکتار و همچنین ۲۰۰ گرم سکوستسین آهن در هر هکتار در فواصل زمانی مشخص، تقسیم و اضافه گردید. آب مورد استفاده در آبیاری نیز مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

به طور کلی آب و خاک مزرعه آزمایشی نشان‌دهنده‌ی بیوم بیابانی منطقه می‌باشد. انتخاب گونه‌های زراعی بادشکن زنده با توجه به اقلیم منطقه (هوای گرم و خشک و زمان وزش باد ۱۲۰ روزه)، فصل کاشت در منطقه (در کشت دوم به علت شدت و تداوم وزش باد کشاورزان اراضی زراعی را مورد کاشت قرار نمی‌دهند)، خصوصیات خاک و اهداف مورد نیاز تحقیق (رسیدن به آرایش مثلثی و M شکل) انجام گرفت. بهره‌گیری از دو گونه ذرت علوفه‌ای (*Zea mays*) و سورگوم اسپیدفید (*Sorghum bicolor*) با توجه به فنولوژی این گیاهان و دیگر خصوصیات گیاه شناسی آنها بود که با بیوم مناطق خشک و نیمه خشک مطابقت دارد. بر اساس تحقیقات انجام گرفته سورگوم اسپیدفید ارتفاع کمتری نسبت به ذرت علوفه‌ای دارد (۱۰)، که برای رسیدن به آرایش مورد نظر کارایی دارد. بذور مورد استفاده در این آزمایش رقم ۶۴۷ گرگان برای ذرت و سورگوم

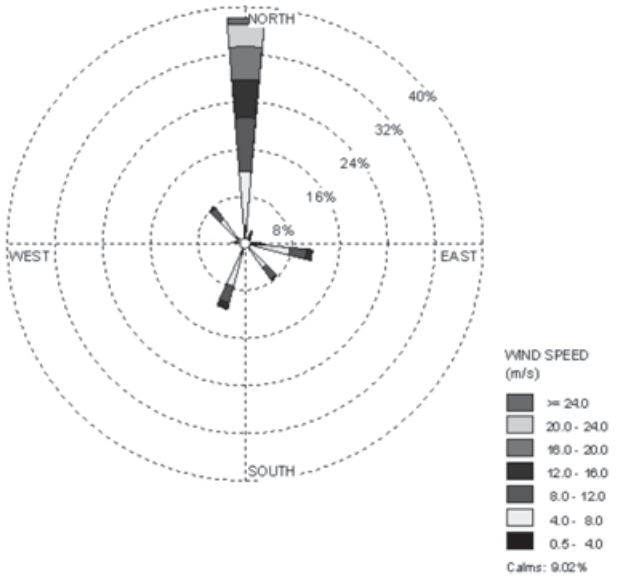
جدول۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب مزرعه احداث بادشکن

شاخص	pH	EC (ms/cm)	Ca(meq/litr)	Mg(meq/litr)	Na(meq/litr)
مقدار	۷/۲۷	۴/۹۷	۶/۸	**۱۵/۶**	**۳۹/۱۳**
شاخص	K (meq/litr)	Co_3 (meq/litr)	HCO_3 (meq/litr)	**Cl (meq/litr)**	**SO_4 (meq/litr)**
مقدار	۱/۱۲	۰/۰	۶/۴	**۴۱/۱**	**۱۵/۱۵**
شاخص	مجموع کاتیون‌ها (meq/litr)	SAR	TDS (meq/litr)		
مقدار	۱۳۱/۰۶	۱۱/۷۱	۳۱۸۰/۸		



شکل ۲- طرح شماتیک آرایش، تراکم ناشی از فواصل مختلف کاشت و نحوه استقرار تیمارها بترتیب از بالا به پایین

www.SID.ir



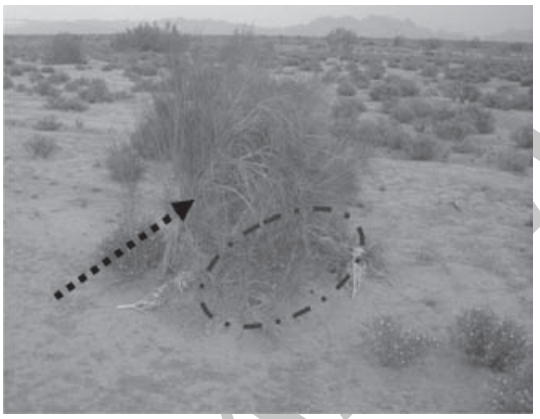
شکل ۳- گلباد منطقه مورد مطالعه در سال اجرای تحقیق ۱۳۸۷

رقم اصلاحی اسپید فید بود و پس از استفاده از قارچ‌کش، بذور مورد نظر برای کاشت آماده گردید.

پس از طراحی بادشکن به منظور احداث بادشکن اقدام به اجرای طرح آزمایشات کشاورزی گرفته شد. آزمایش مورد نظر فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی (فاکتور اول، آرایش در دو سطح شامل آرایش M شکل و آرایش مثلثی و فاکتور دوم، تراکم در سه سطح شامل فواصل ۵۰×۲۰، ۵۰×۴۰، ۵۰×۶۰ سانتی‌متر، با سه تکرار) بود. طرح شماتیک آرایش، تراکم ناشی از فواصل مختلف کاشت و نحوه استقرار تیمارها در شکل۲ نشان داده شده است. تیمارها شامل آرایش مثلثی با فواصل ۵۰×۲۰ سانتی‌متر (T۱)، آرایش مثلثی با فواصل ۵۰× ۴۰ سانتی‌متر (T ۲)، آرایش مثلثی با فواصل ۵۰×۶۰ سانتی‌متر(T ۳)، آرایش M شکل با فواصل ۵۰×۲۰ سانتی‌متر (M ۱)، آرایش M شکل با فواصل ۵۰× ۴۰ سانتی متر(M ۲)، آرایش M شکل با فواصل ۵۰×۶۰ سانتی‌متر (M ۳) با سه تکرار بوده است. فواصل بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (شکل ۲).

در پاییز سال قبل زمین شخم خورده بود و عملیات خاک‌ورزی شامل شخم سطحی، دیسک، نهرکشی و تسطیح سطحی انجام شد. سپس با استفاده از گاو آهن پشته‌هایی به عمق ۲۵ سانتی‌متر ایجاد شد و این بدان علت است که بذر در پشته‌ای که مخالف باد یا به اصطلاح بادپناه است، کشت گردد. از محاسن این عمل می‌توان عدم بادبردگی خاک و بذر بر اثر وزش بادهای شدید و تقلیل سرعت باد و همچنین جلوگیری از اثرات مخرب ناشی از تغییر درجه حرارت، تبخیر و تعرق و رطوبت نسبی نام برد. نکته قابل توجه در شخم، کاشت و به طور کلی احداث بادشکن این است که عملیات خاکورزی بویژه شخم می بایست در جهت عمود به باد غالب و فرساینده باشد تا بتوان بذور مورد نظر را بر روی پشته‌های عمود به باد کاشت و نهایتاً بادشکن‌ها عمود به جهت باد غلب ایجاد گردد. در پاییز شخمی به اشتباه موازی و هم جهت با باد غالب خورده که با تشخیص جهت باد، بادشکن عمود به جهت باد (از طریق رسم گلباد (شکل۳)، پرسشنامه و مصاحبه با اهالی منطقه (جدول۳) و همچنین تغییر فرم گیاه و تجمع رسوبات در پای بوته شکل ۴ احداث گردید (شکل ۵).

پس از آماده کردن بستر کاشت، آبیاری انجام گرفت تا داغاب مشخص گردد. بذرها در عمقی برابر ۲تا ۵ برابر ارتفاع هر بذر (ذرت و سورگوم به ترتیب ۴ و ۲/۵ سانتی‌متر) به صورت دستی در کرت‌هایی به ابعاد ۱۰ × ۱۰۰ متر کاشته شد. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک ۳ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۱۰ متر در نظر گرفته شد (شکل ۲). برای رسیدن به تراکم مورد نظر در هر تیمار با استفاده از خط کش در فواصل مورد نظر بر روی هر



شکل ۴- تشخیص جهت باد غالب منطقه از روی تغییرفرم گیاه و تجمع رسوبات در پای بوته

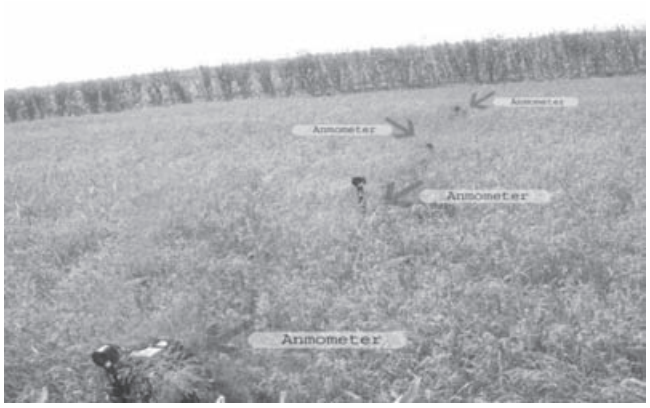
شکل ۵- احداث بادشکن در جهت عمود بر جهت باد غالب منطقه

www.SID.ir

ردیف (۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر) بذور به صورتی که گفته شد، کاشته و به منظور حصول از سبز شدن بذور و یکنواختی بادشکن، ۳ بذر در هر شیار کشت گردید. بعد از کاشت بادشکن و سبز شدن آن در مرحله ۴ برگی اقدام به تنک کردن بوته‌ها شد و تعداد آن‌ها در هر شیار به یک عدد تقلیل یافت. روی بذور بوسیله ماسه و خاکبرگ پوشیده شد. علت این کار جلوگیری از بادبردگی و همچنین ایجاد محیط مناسب رشد (از طریق تامین دما و رطوبت کافی) به منظور رشد سریع گیاه است. پس از سبز شدن، پای بوته‌ها خاک‌دهی شد تا گیاه دچار تنش‌های مکانیکی نگردد.

برای رسیدن به آرایش مثلثی ردیف‌های بادشکن (هر ردیف بادشکن شامل دو ردیف از گونه‌های مورد نظر بود) به نحوی کاشته شد که گیاه با ارتفاع کمتر (سورگوم) در جلو و پشت بادشکن و گیاه با ارتفاع بالاتر(ذرت) در ردیف میانی بادشکن کاشته شد تا حالت آئرودینامیک ایجاد نماید. همچنین آرایش M شکل با کاشت دو ردیف ذرت در جلو و پشت بادشکن و دو ردیف سورگوم در بخش میانی بادشکن به دست آمد. کلیه عملیات داشت (وجین، کوددهی، آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری‌ها) مطابق روال منطقه انجام شد. روش آبیاری سیفونی و دور آبیاری هر ۷ روز یک‌بار برآورد گردید. پس از اینکه بادشکن‌ها به ارتفاع حداکثر خود رسیدند پایش سرعت باد و بررسی اثرات تراکم و آرایش مختلف بر سرعت باد در جلو و پشت بادشکن انجام شد. ارتفاع بادشکن کشت شده در فروردین ۸۷، در تیر ماه به میزان مطلوب و حداکثر مقدار خود رسیده بود. برای پایش مقادیر سرعت در جلو و پشت بادشکن از بادسنج‌های دیجیتالی مستقر در ۵۰ سانتی متری از سطح زمین استفاده شد. علت پایش سرعت در ارتفاع ۵۰ سانتی متری این بود که در اغلب گیاهان حساس به باد نقاط بحرانی (اعم از پانیکول، خوشه و دیگر نقاط حساس) مانند ارزن و گوجه فرنگی و غیره در ارتفاع ۰/۵ متری از سطح زمین قرار دارد (۱۰). روش کار به این صورت است که در h۱ (h= ارتفاع بادشکن) و h۴ در جلو بادشکن و همچنین در h۱، h۴، h۷، h۱۳ در پشت بادشکن میزان سرعت باد بوسیله‌ی بادسنج‌های دیجیتالی ثبت شد. این آزمایش برای شش تیمار ((T۱)، (T ۲)، (T ۳)، (M ۱)، (M ۲) و (M ۳)) در هر سه بلوک انجام گرفت (شکل ۶).

سرعت باد در فواصل مختلف در جلو و پشت بادشکن بوسیله‌ی بادسنج‌های دیجیتالی ثبت گردید (شکل ۷). به علت نوسان سرعت باد در هنگام اندازه‌گیری تیمارها درصد سرعت باد اولیه به عنوان معیار در نظر گرفته می‌شود چون امکان دارد در هنگام پایش سرعت در تیمار ۱



شکل ۶- بادسنج‌های مستقر در فواصل مشخص در پشت بادشکن علوفه‌ای

شکل ۷- بهره‌گیری از بادسنج دیجیتالی در پایش سرعت

T سرعت متفاوت با سرعت وزش باد اولیه در هنگام اندازه‌گیری در تیمار T ۲ باشد. برای حل این مشکل درصد سرعت باد اولیه به عنوان ملاک قرار گرفت و در محور عمودی نمودار پروفیل درصد سرعت باد نسبت به سرعت اولیه قرار می‌گیرد. در محور افقی فاصله از بادشکن بر حسب ارتفاع از بادشکن می‌باشد. جلوی بادشکن با علامت منفی و فاصله‌های پشت بادشکن با علامت مثبت نشانه‌گذاری شده است (شکل ۹).

با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه‌های مربوط به داده‌های برداشت شده

جدول ۳ - زمان و جهت وزش بادهای منطقه

نام محلی باد	زمان وزش باد	جهت وزش باد
قبله باد	اواخر اسفند تا اواخر فروردین	جنوب غربی (از طرق قبله) به شمال-شرقی
وزش باد ۱۲۰ روزه سیستان (باد لوار)	اوایل خرداد تا اواخر شهریور	شمال به جنوب
زنده باد	اوسط بهمن	جنوب شرقی به شمال غربی
سرخط باد	اواسط زمستان (دی- بهمن)	شمال غربی به جنوب شرقی
سیاه باد	از اوایل دی تا اوایل اسفند	شمال به جنوب

منبع: پرسشنامه و ماخذ(۱۱)

Archive of SID

انجـام گرفـت. همچنین نمودارهای درصد کاهش سـرعت بـاد در فواصل مختلف از جلو و پشت بادشکن با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج

بـرای تعین سـرعت، فراوانی و جهـت باد غالب منطقه عـلاوه بر اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه و رسم گلباد ماهیانه و سالیانه، از اطلاعات اهالی بومی از طریق تکمیل پرسشـنامه و همچنین تشـخیص جهت باد غالب با توجه به رسـوبات بادی جمع شـده در پای بوته‌ها بهره گرفته شـد. نتایج حاصلـه از تکمیل پرسشـنامه حاکـی از وزش ۵ نوع باد بـا فواصل زمانی مشخص می‌باشد (جدول ۳).

در شـکل ۸ نمودار سـرعت باد در سـال ۱۳۸۷(۲۰۰۸) با استفاده از نرم‌افزار ComGraph ترسـیم گردید. همانطور که مشـاهده می شـود حداکثر سـرعت باد در تیر ماه (July) بود که سرعت وزش آن بیش از ۲۰ متر بر ثانیه بوده است.

براسـاس این آمار حداکثر سرعت باد در ماه‌های خرداد - تیر به میزان ۲۲/۱ متـر بر ثانیـه و حداقل آن مربوط به دی ماه به مقدار ۳/۳ متر برثانیه می‌باشـد. بررسی رژیم میانگین سـرعت ماهانه باد، نشان می‌دهد که روند سـرعت از دی تـا تیر ماه و مرداد ماه صعودی و سـپس تـا آذر ماه نزولی می‌باشد.

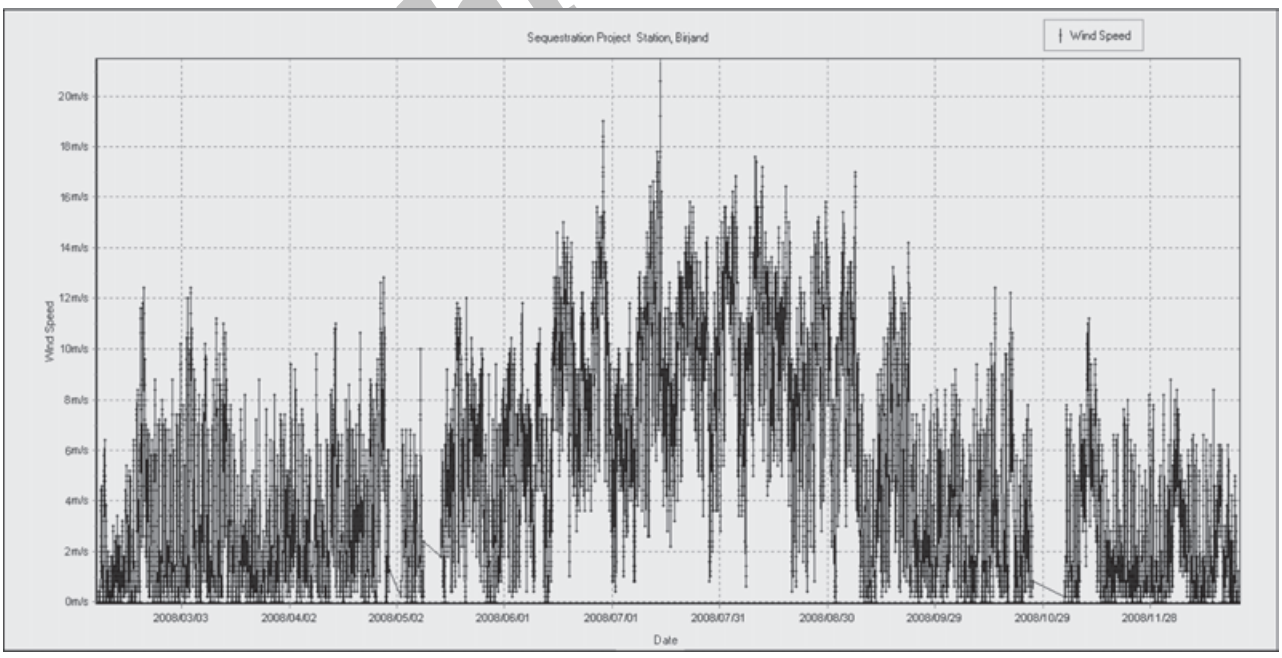
نتایج نشـان می‌دهد کـه تغییرات سـرعت باد در فاصله کاشـت ۲۰ سـانتی‌متر در آرایش مثلثی شـکل بسیار مشـابه با آرایش مثلثی شکل با فاصله کاشـت ۴۰ سانتی‌متر می‌باشـد. در حالی که آرایش مثلثی شکل با افزایش فاصله کاشـت به ۶۰ سـانتی‌متر تغییرات سـرعت باد مخصوصاً در پشـت بادشکن و دورتر از بادشکن بیشتر می‌گردد به این صورت که در ۱۳ برابر ارتفاع بادشـکن در پشـت بادشـکن T ۱ و T ۲ سرعت به ۶۰ درصد سـرعت اولیه می‌رسد ولی در T ۳ سـرعت در h ۱۳ به ۴۰ درصد سرعت اولیه می‌رسد. در بادشکن‌های M شکل نیز تغییرات تراکم نتایج مشابه در تقلیل سـرعت باد در فواصل مختلف از بادشـکن دارد. در شکل ۹ پروفیل تغییرات سـرعت باد در تیمارهای مختلف نشـان داده شده است. (علامت منفی مربوط به جلوی بادشـکن و علامت مثبت مربوط به پشـت بادشکن می‌باشد)

در تیمار M۱ تغییرات سرعت باد به نحوی است که در ۴ برابر ارتفاع بادشکن در جلوی آن سرعت به شدت تقلیل می‌یابد (به ۳۰ درصد سرعت اولیه کاهش پیدا می‌کند) و در h ۱۳ پشت بادشکن سریعاً به سرعت اولیه خود نزدیک می‌شـود (۷۳/۵ درصد سـرعت اولیه). نتایج نشان می‌دهد که تیمار T ۳ برعکس M ۱ در جلوی بادشـکن به میزان کمتری سـرعت باد تقلیل می یابد و در پشـت بادشـکن دیرتر به سـرعت اولیـه باز می‌گردد. ایـن مطلـب حاکی از این اسـت که بادشـکن با تراکم کمتر قـادر خواهد بـود باد را تا فاصل بیشـتری از بادشـکن تقلیل دهنـد در صورتی که در بادشـکن هـای متراکم در فاصله‌ی کمتری از بادشـکن سـرعت به درصد سرعت اولیه باز می‌گردد.

تجزیه واریانس اثر آرایش و تراکم کاشـت بادشـکن بر سـرعت باد که تحت تاثیر آرایش و تراکم بادشـکن قرار گرفته بودند با استفاده از نرم افزار SAS محاسبه و در جدول ۴ آورده شده است.

بر اساس جدول تجزیه واریانس مقدار فاصله کاشت در کلیه‌ی تیمارها به جز h ۴ (پشـت بادشـکن) دارای اثر معنی‌داری در (سطح ۱ درصد) بر کاهش سـرعت باد دارد. اثر فاکتور تراکم نیز در کلیه فواصل جلو و پشـت بادشـکن در سطح ۱ درصد معنی‌دار اسـت. اثر متقابل آرایش و تراکم نیز وضعیتی مشابه با اثر هر کدام از دو عامل دارد.

مقایسـه میانگین اثرات سـاده آرایش و تراکم کاشت بر سرعت باد در



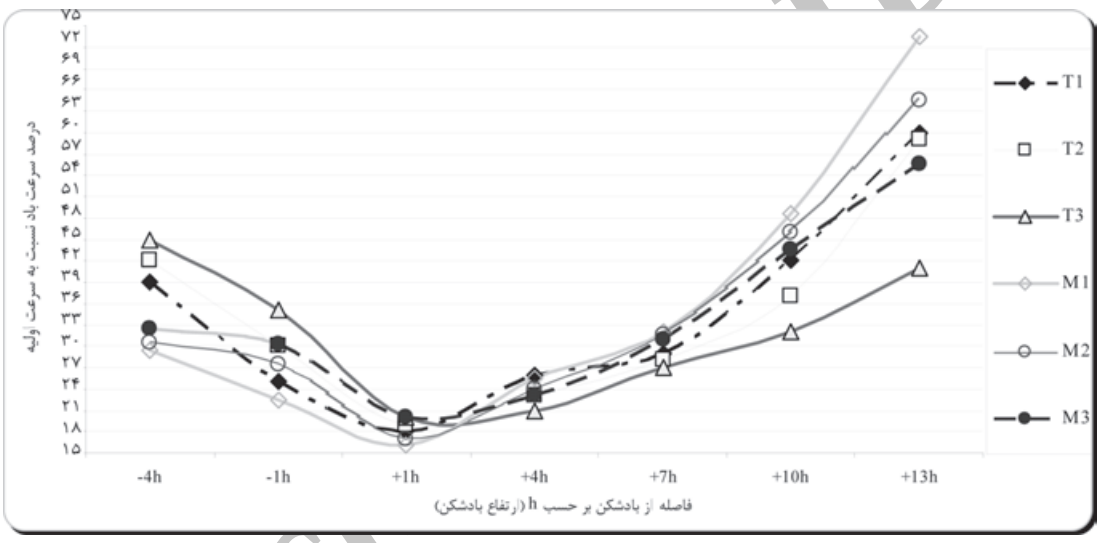
شکل ۸- نمودار سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه در ایستگاه هواشناسی پروژه ترسیب کربن در سال ۱۳۸۷ (۲۰۰۸)

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۵ آورده شـده است. آرایش M شکل سرعت باد را در فاصله‌ی h ۴ در جلوی بادشـکن به نحو موثری کاهـش می‌دهد. در این میان تراکم اول (فاصله کاشـت بر روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر) دارای بیشترین و تراکم سوم (فاصله کاشـت بر روی ردیف ۶۰ سـانتی‌متر) دارای کمترین تاثیر بر روی سـرعت در فاصله ی h ۴ جلوی بادشـکن بود. در فاصله‌ی h ۱ در جلوی بادشـکن و h ۱ در پشت بادشکن شـرایطی مشابه با فاصله h ۴ در جلوی بادشـکن وجود داشـت. در فاصله ی h ۴ در پشـت بادشکن شرایط کاملاً متفاوت می شـود. به طوری که در فاصله ی h ۴ در پشت بادشکن فاکتور آرایـش اختلاف معنی‌داری در کاهش سـرعت باد نـدارد. فاکتور تراکم در فاصله‌ی h ۴ در پشـت بادشـکن در تراکم دوم و سوم اختلاف معنی‌داری ندارد ولی در مقایسـه با تراکم اول اختلاف معنی‌داری با تراکم دوم و سوم دیده می‌شود.

در فاصله‌ی h ۷، h ۱۰، h ۱۳ در پشت بادشکن تغییرات سرعت مشابه یکدیگر اسـت. نتایج نشان می دهد که آرایش Tشکل در فواصل ذکر شده در مقایسه با آرایش M شکل اختلاف معنی داری وجود دارد. در آرایش T شـکل در مقایسه با آرایش M شکل تقلیل سرعت باد در فواصل مذکور در پشـت بادشکن بیشتر است. همچنین در فواصل ذکر شده بیشترین کاهش سـرعت باد مربوط به تراکم سوم و کمترین کاهش سرعت مربوط به تراکم اول بود.

مقایسه میانگین اثرات متقابل آرایش و تراکم بر سرعت باد در جدول ۶ آورده شـده است. در فاصله ی h ۴ در جلوی بادشکن آرایش M شکل در تراکم اول بیشـترین تاثیر در کاهش سرعت باد و آرایش T شکل در تراکم سوم کمترین تاثیر را داشتند. در فاصله ی h ۱ در جلوی بادشکن آرایش T شـکل در تراکم دوم کمترین تاثیر در کاهش سرعت باد و آرایش M شکل در تراکم اول بیشترین کاهش سرعت باد مشاهده میشود. در فاصله ی h ۱ پشت بادشکن T ۲ با M ۳ اختلاف معنی‌داری ندارند. در فاصله ی h ۱ در



شکل ۹- نمودار تغییرات سرعت باد در فواصل مختلف از بادشکن با آرایش و تراکم مختلف در ارتفاع ۵۰ سانتی متری از سطح زمین شامل آرایش مثلثی با فواصل ۵۰×۲۰ سـانتی متر (T1)، آرایش مثلثی با فواصل ۵۰× ۴۰ سـانتی متر(T ۲)، آرایش مثلثی با فواصل ۵۰×۶۰ سـانتی متر(T ۳)، آرایشM شکل با فواصل ۵۰×۲۰ سـانتی متر(M ۱)، آرایشM شـکل با فواصل ۵۰× ۴۰ سانتی متر(M ۲)، آرایشM شکل با فواصل ۵۰×۶۰ سانتی متر (M ۳). (علامت- و + نشان دهنده سرعت باد بترتیب در جلو بادشکن و پشت بادشکن می باشد)

جدول۴- تجزیه واریانس اثر آرایش و تراکم کاشت بر درصد سرعت باد نسبت به سرعت اولیه

منابع تغییرات	درجه آزادی	- ۴h	- ۱h	+ ۱h	+ ۴h	+ ۷h	+ ۱۰h	+ ۱۳h
تکرار	۲	۱/۷۷	۲/۲۹	۱/۶۲	۰/۱۰	۱/۹۲	۰/۷۷	۰/۹۹
آرایش	۱	۵۵۷/۷۸ **	۴۶/۷۲ **	۹/۶۸**	۰/۰۸ ns	۵۴/۴۲**	۳۷۸/۱۲**	۵۸۱/۴۰**
تراکم	۲	۳۲/۹۳ **	۱۱۶/۱۷**	۱۴/۲۶**	۱۲/۷۲**	۳/۴۶**	۸۴/۱۵**	۵۴۴/۱۸**
آرایش×تراکم	۲	۴/۲۹ **	۱/۸۴**	۱/۹۰**	۱/۸۲ ns	۰/۴۷**	۱۰/۵۳**	۳۶/۰**
خطا	۱۰	۰/۰۵۶	۰/۰۱۸	۰/۰۴۵	۱/۶۰	۰/۰۴	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸
ضریب تغییرات	-	۰/۶۵	۰/۴۷	۱/۱۵	۵/۳۱	۰/۷۰	۰/۴۴	۰/۲۸

***، **و ns ، به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ و عدم معنی دار بودن می باشد**

www.SID.ir

پشـت بادشکن همانند h ۴ در جلوی بادشکن بیشترین کاهش سرعت باد مشاهده می شود و تراکم‌های سوم در هر دو آرایش بیشترین میزان سرعت باد را به خود اختصاص دادند یعنی کمترین تاثیر را در کاهش سـرعت باد دارند. در فاصله ی h ۴ پشت بادشکن آرایش T ۱ کمترین تاثیر در کاهش سرعت باد داشت و T ۲ و T ۳ با M ۳ تفاوت معنی داری ندارند.

بین M ۱ و M ۲ اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود. در فاصله ی h ۷ و h ۱۰ در پشـت بادشـکن نتایج جالب توجه به نظر می رسد چرا که تراکم های مختلف تفاوت معنی داری در هر دو آرایش ایجاد نموده اسـت. سرعت در آرایش Tشکل در مقایسه با آرایش M شکل بیشتر تقلیل یافته اسـت.در فاصله یh ۱۳ در پشت بادشـکن همه ی تیمارها اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند. در تیمار T ۳ و M ۱ به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش سرعت باد مشاهده می شود.

تغییرات اثرات متقابل آرایش و تراکم بر سـرعت باد در فواصل مختلف در جلو و پشت بادشکن در شکل ۱۰ به خوبی نشان داده شده است.

بحث

نتایج نشـان می‌دهد که تراکم بادشکن به طور معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) در کاهش سرعت باد در جلو و پشت بادشکن نقش دارد که با نتایج نگلی در ۱۹۸۷ و نخجوانی ۱۳۴۸ مطابقت دارند. درصد تغییرات سرعت باد در اثر اعمال آرایش‌های مختلف در هر سـه تراکم (تراکم اول، دوم و سوم) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند.

بر طبق نتایج آرایش M شکل در مقایسه با T شکل به میزان بیشتری سـرعت بـاد را در فواصل نزدیک جلو و پشـت بادشـکن (h ۱+ و h ۱-) کاهش می‌دهد. همچنین در آرایش M شـکل در پشـت بادشـکن سرعت باد در مقایسـه با T شکل در فاصله‌ی کمتری از بادشکن به درصد سرعت اولیـه‌ی خود می‌رسـد. به عبارت دیگر آرایش M شـکل قادر به محافظت طول کمتری از مزرعه در پشـت بادشـکن خواهد بـود. نتایج تحقیقات و Woodruff و Zingg (۱۹۵۲) نیز نشـان داد که بادشـکن‌های ۳، ۵ و ۷ ردیفه، هنگامی بیشـترین تاثیر را در کاهش فرسایش بادی خواهند داشت کـه بلندترین درختان به ترتیب در ردیف‌های دوم، چهارم و پنجم کاشـته شـوند. در واقع آرایش T شـکل به دلیل خاصیـت آئرودینامیکی که دارد، جریان هـوا را به نحوی هدایت می‌کند که کمترین توربلانس و آشـفتگی در جلو و پشـت بادشـکن ایجاد گردد و در مقایسـه با آرایش M شـکل سـرعت باد و فشـار هوا کمتر دچار نوسـان می‌شـود. در آرایش M شکل جریان هوا با برخورد به کمربند بادشکن سرعت باد به میزان زیادی کاهش یافته که این کاهش سـرعت با افزایش فشـار همراه خواهد بود و نتیجه ی

جدول۵ - مقایسه میانگین اثرات ساده آرایش و تراکم کاشت بر درصد سرعت باد نسبت به سرعت اولیه

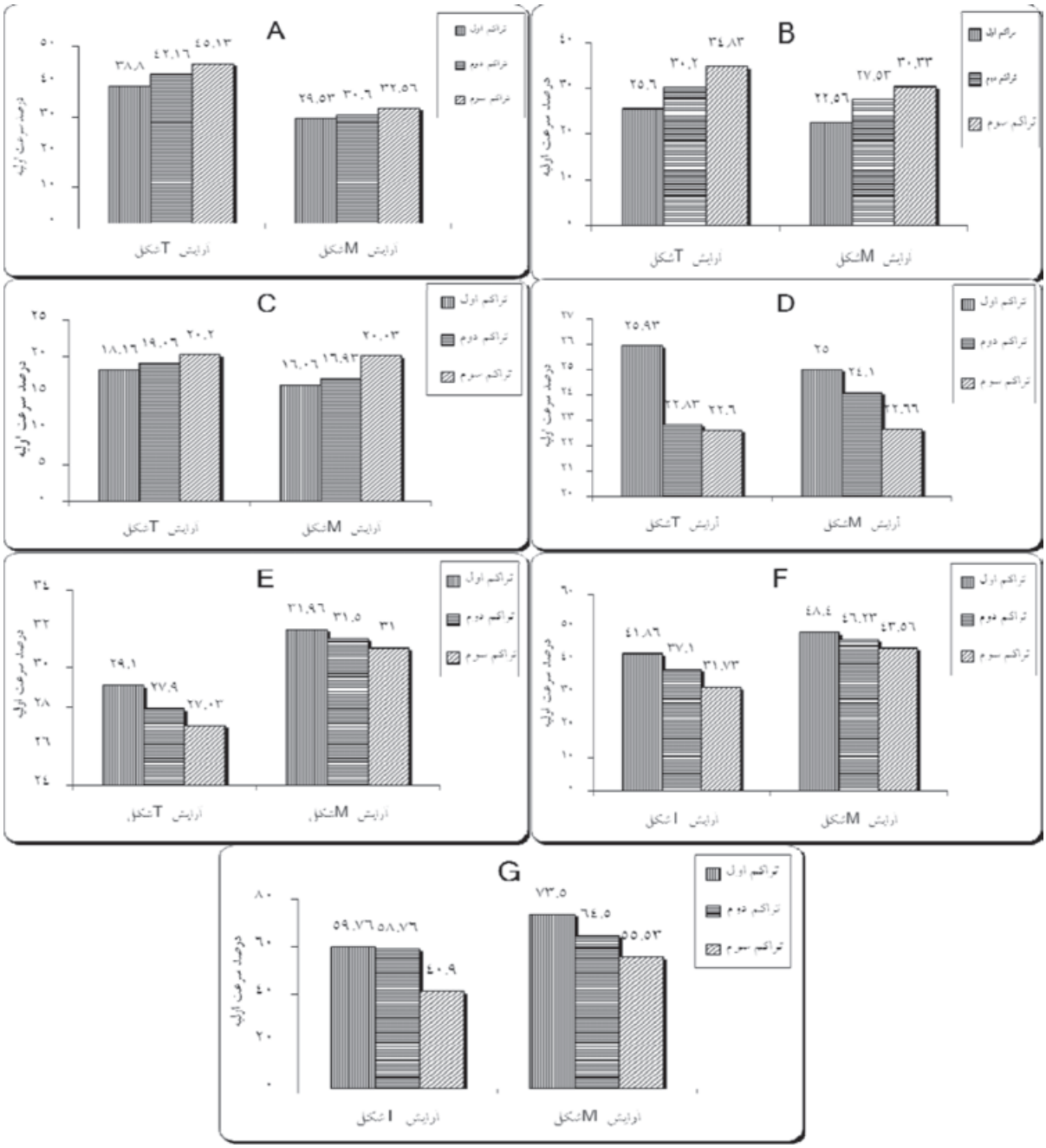
صفات	- ۴h	- ۱h	+ ۱h	+ ۴h	+ ۷h	+ ۱۰h	+ ۱۳h
تراکم اول							
آرایش T	۴۲/۰۳ a	۳۰/۰۳ a	۱۹/۱۴ a	۲۳/۷۸ a	۲۸/۰۱ b	۳۶/۹۰ b	۵۳/۱۴ b
آرایش M	۳۰/۹۰ b	۲۶/۸۱ b	۱۷/۶۷ b	۲۳/۹۲ a	۳۱/۴۸ a	۴۶/۰۶ a	۶۴/۵۱ a
تراکم اول							
تراکم اول	۳۴/۱۶ c	۲۳/۸۱ c	۱۷/۱۱ c	۲۵/۴۶ a	۳۰/۵۳ a	۴۵/۱۳ a	۶۶/۶۳ a
تراکم دوم	۳۶/۳۸ b	۲۸/۸۶ b	۱۸/۰۰ b	۲۳/۴۶ b	۲۹/۷۰ b	۴۱/۶۶ b	۶۱/۶۳ b
تراکم سوم	۳۸/۸۵ a	۳۲/۵۸ a	۲۰/۱۱ a	۲۲/۶۳ b	۲۹/۰۱ c	۳۷/۶۵ c	۴۸/۲۱ c

تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول ۶ - مقایسه میانگین اثرات متقابل آرایش و تراکم کاشت بر درصد سرعت باد نسبت به سرعت اولیه

صفات		- ۴h	- ۱h	+ ۱h	+ ۴h	+ ۷h	+ ۱۰h	+ ۱۳h
آرایشT	تراکم اول	۳۸/۸۰ c	۲۵/۰۶ d	۱۸/۱۶ c	۲۵/۹۳ a	۲۹/۱۰ d	۴۱/۸۶ d	۵۹/۷۶ c
	تراکم دوم	۴۲/۱۶ b	۳۰/۲۰ b	۱۹/۰۶ b	۲۲/۸۳ b	۲۷/۹۰ e	۳۷/۱۰ e	۵۸/۷۶ d
	تراکم سوم	۴۵/۱۳ a	۳۴/۸۳ a	۲۰/۲۰ a	۲۲/۶۰ b	۲۷/۰۳ f	۳۱/۷۳ f	۴۰/۹۰ f
آرایش M	تراکم اول	۲۹/۵۳ f	۲۲/۵۶ e	۱۶/۰۶ e	۲۵/۰۰ ab	۳۱/۹۶ a	۴۸/۴۰ a	۷۳/۵۰ a
	تراکم دوم	۳۰/۶۰ e	۲۷/۵۳ c	۱۶/۹۳ d	۲۴/۱۰ ab	۳۱/۵۰ b	۴۶/۲۳ b	۶۴/۵۰ b
	تراکم سوم	۳۲/۵۶ d	۳۰/۳۳ b	۲۰/۰۳ a	۲۲/۶۶ b	۳۱/۰۰ c	۴۳/۵۶ c	۵۵/۵۳ e

تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد



شکل ۱۰- نمودار اثرات متقابل آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فاصله h ۴ در جلو بادشکن (A)، نمودار اثرات متقابل آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فاصله h ۱ در جلو بادشکن (B)، آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فاصله h ۱ در پشت بادشکن (C)، آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فاصله h ۴ در پشت بادشکن (D)، آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فاصله h ۷ در پشت بادشکن (E)، آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فاصله h ۱۰ در پشت بادشکن (F)، آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فاصله h۱۳ در پشت بادشکن (G)

www.SID.ir

مستقیم آن آشفتگی جریان هوا در فواصل نزدیک بادشکن می‌باشد که در مقایسه با آرایش Tشکل سطح کمتری از پشت بادشکن محافظت می‌کند. در تحقیق Woodruff و Zingg در صورتی که بلندترین درختان در ردیف‌های وسط قرار بگیرند، بادشکن آرایش مثلثی به خود می‌گیرد و کارایی مطلوب‌تری در تقلیل سرعت باد و فرسایش بادی دارد که با نتایج تحقیق فوق مطابقت دارد.

در فواصل h ۱ و h ۴ در جلو بادشکن و h ۱ در پشت بادشکن در آرایش M شکل در مقایسه با آرایش T شکل سرعت باد به میزان بیشتری تقلیل می‌یابد. با افزایش تراکم (تراکم اول بیشتر از دوم و تراکم دوم بیشتر از تراکم سوم) سرعت باد به طور موثرتری کاهش پیدا می‌کند. در فاصله h ۴ در پشت بادشکن درصد کاهش سرعت باد متفاوت با سایر تیمارها می‌باشد. سرعت باد در T ۲ و T ۳ در مقایسه با M ۲ و M ۳ کاهش پیدا کرده است. جالب توجه اینکه T ۳ بیشترین تاثیر را در کاهش سرعت باد نسبت به دیگر تیمارها دارد. تفاوت دیگر اینکه در T ۱ در مقایسه با M ۱ سرعت باد به میزان بیشتری کاهش یافته است. که با نتایج تحقیقات Zhibuo (۲۰۰۶) همخوانی دارد. وی ۳ منطقه را در جلو و پشت بادشکن مشخص نمود که از نقطه نظر توربلانس حرکت متفاوت با یکدیگر می‌باشند. منطقه اول در جلو بادشکن جریان هوا بصورت مستقیم و با کاهش سرعت عبور می‌کند. فواصل نزدیک در پشت بادشکن (منطقه دوم) جریان هوا دچار آشفتگی شده و در منطقه سوم با فاصله گرفتن از پشت بادشکن سرعت باد افزایش یافته و به سرعت اولیه خود باز می‌گردد که با نتایج تحقیق در فاصله h ۴ در پشت بادشکن مطابقت دارد. همچنین در تحقیقات نگلی تغییرات روند افزایش سرعت باد در h ۴ در پشت بادشکن نیز مشهود بود.

نتایج حاصل از بررسی اثرات متقابل آرایش و تراکم بادشکن بر روی سرعت باد در فواصل h ۴، h ۷، h ۱۰، h ۱۳ در پشت بادشکن نشان می‌دهد که سرعت باد در آرایش M شکل در فواصل ذکر شده در پشت بادشکن در مقایسه با آرایش T شکل کمتر تقلیل می‌یابد و زودتر به سرعت اولیه خود بر می‌گردد. تراکم سوم بیشتر از تراکم دوم و تراکم دوم بیشتر از تراکم اول سرعت باد را در فواصل مشخص در پشت بادشکن کاهش می‌دهد و با نتایج Dong (۲۰۰۶) که مهمترین پارامتر در تقلیل سرعت باد در فنس‌های فلزی را تراکم معرفی نمود، مطابقت دارد.

به طور کلی سرعت باد در آرایش T شکل در تراکم سوم در جلوی بادشکن، بسیار زیاد بوده و برعکس در پشت بادشکن بیشترین تقلیل را نسبت به دیگر تیمارها دارد. نتیجه اینکه آرایش T شکل در تراکم سوم (تراکم ناشی از فاصله کاشت بر روی ردیف ۶۰ سانتی‌متر) مسافت بیشتری از پشت بادشکن را محافظت نموده و به عنوان موثرترین بادشکن در منطقه مورد نظر پیشنهاد می‌گردد که با نتایج نگلی و نخجوانی نیز مطابقت دارد. از آنجا که در دشت حسین‌آباد سربیشه وزش باد در فصل کاشت عملکرد گیاهان را به شدت کاهش می‌دهد بهره‌گیری از بادشکن قادر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی خواهد بود از طرف دیگر در منطقه مورد مطالعه اقوام عشایر اسکان داده شده‌اند و اطلاعات لازم در خصوص زراعت گیاهان زراعی را ندارند، جهت حصول به تراکم بهینه بادشکن فاصله‌ی کاشت مدنظر قرار گرفت که در تحقیق جاری فاصله کاشت ۶۰ سانتی‌متر بر روی ردیف پیشنهاد گردید.

سپاسگزاری

مراتب تشکر و قدردانی را از مسئولین پروژه بین المللی ترسیب کربن که در انجام این طرح همکاری نمودند، اعلام می‌داریم.

منابع مورد استفاده

۱- احمدی، ح. (۱۳۸۵) ژئومر فولوژی کار بردی جلد ۲، انتشارات دانشگاه تهران،

۲- امیری، ا. شهریاری، ع. (۱۳۸۷) اثرات بادشکن های موجود روی سرعت باد در منطقه مورد مطالعه (جیرفت وکهنوج). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زابل.

۳- ثقفی، م. (۱۳۸۲) انرژی‌های تجدید پذیر نوین. چاپ دوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۴- رفاهی، ح.ق. (۱۳۸۵) فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران

۵- شهریاری، ع. قاسمی، ح. (۱۳۸۷) بهره‌گیری از نیروی باد در دشت سیستان. اولین همایش ملی انرژی باد و کاربردهای آن. زابل.

۶- علیزاده، ا. (۱۳۶۸) فرسایش و حفاظت خاک. انتشارات آستانه قدس رضوی.

۷- قاسمی، ح. (۱۳۸۷) بیابانزایی و روش‌های کنترل آن (مطالعه موردی دشت سیستان)، مجله جنگل و مرتع. شماره ۸۷. صفحه ۶۸-۷۴. قاسمی، ح. ۱۳۸۷ بهره‌گیری از بادشکن زنده برای حفاظت از مزارع زعفران به منظور افزایش عملکرد (مطالعه موردی: قاین). اولین کنفرانس ملی زرشک و زعفران. دانشگاه آزاد اسلامی قاینات.

۸- قدیری، ح. (۱۳۶۶) حفاظت خاک. ترجمه. انتشارات دانشگاه شهید چمران.

۹- کوچکی، ع. و علیزاده، ا. (۱۳۷۴) اصول زراعت در مناطق خشک، مشهد: موسسه چاپ ونشر نتشارات آستان قدس رضوی.

۱۰- گزارش مطالعات هوا و اقلیم، طرح جامع بیابان زدایی دشت حسین آباد غیناب. شرکت مهندسین مشاور جامع ایران. (۱۳۸۴)

۱۱- نخجوانی، ف و احمدی، ح . (۱۳۴۸) فرسایش بادی در خوزستان، مجله دانشکده جنگل‌داری. دانشگاه تهران، شماره ۲۳.

12- Cleugh, H.A., (2004) *Effects of Windbreak on Air Flow, Micro Climate & Crop Yield.* USA: Springer Link, Inc.

13- Faculty of Agricultural Engineering,Technion-Israel Institute of Technology (2005) *Atmospheric-stability effect on windbreak she and drag,* SpringerLink 383-400.

14- Vigiak, O., Sterk,G., Warren,A and Hagen,L.g. (2003) *Spatial modeling of Wind speed around windbreaks.* Catena. V 52(3- 4,1): 273-288.

15- Woodruff, N.P. and Zingg, A.W. (1952) *Wind –tunnel studies of fundamental problems related to windbreaks*. US Soil Conservation Service Pub.SCS-TP-112.

16- Wright, A.J. and Brooks, S.J. (2002) *Effect of Wind breaks on Potato Production for the Atherton Tablelands of North Queensland.*

17- Zhibao Dong., Guangqiang Q., Wanyin L and Hongtao W. (2006) Threshold velocity for wind erosion: The effects of porous fences. *Environ Geol* (2006) 51: 471–475.

Archive of SID