

بررسی میزان تأثیر گونه‌های گیاهی تاغ، اشنیان، قره‌داغ و آتریپلکس در طرح‌های بیابان‌زدایی بر کنترل فرسایش بادی

مسعود عشقی‌زاده*: استادیار گروه مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده‌ی علوم، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد

مجتبی محرابی: کارشناس ارشد آبخیزداری، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بجستان، بجستان

محمدرضا علایی: کارشناس زراعت، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان گناباد، گناباد

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۸)

چکیده

گونه‌های گیاهی مختلف با داشتن ویژگی‌های گیاه‌شناسی خاص خود، در برابر فرسایش بادی تأثیرات مختلفی دارند. در مناطقی که از پوشش گیاهی به‌منظور کنترل و کاهش فرسایش بادی استفاده می‌شود، لازم است میزان تأثیر و نقش هر نوع گونه‌ی گیاهی بر مقدار کنترل فرسایش بادی مشخص شود. در این پژوهش، تأثیر گونه‌های گیاهی کاشته شده در کانون بحرانی فرسایش بادی منطقه‌ی نوده پشنگ شهرستان گناباد در برابر فرسایش بادی بررسی و مقایسه شد. برای این منظور، تغییرات ارتفاع سطح خاک در محدوده‌های تحت پوشش با گونه‌های *Atriplex canescens*, *Nitraria schoberi*, *Seidlitzia rosmarinus*, *Haloxylon sp* کشت مخلوط و فاقد پوشش در طول ۸۱ واقعه‌ی طوفانی طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اندازه‌گیری شد. این امر با استقرار ۱۸ پین فرسایشی در دو تکرار و مساحت ۱۰۰ مترمربع صورت گرفت. همچنین با تقسیم این وقایع طوفانی به دو گروه وقایع شدید و معمولی، عملکرد هر محدوده در شدت طوفان‌ها بررسی شد. مقایسه آماری بین محدوده‌ها نیز با استفاده از آزمون‌های من - ویتنی و کروسکال والیس انجام شد. بر اساس نتایج حاصل، متوسط مقدار فرسایش بادی در محدوده‌ی فاقد پوشش، ۸۳/۶ تن در هکتار بود؛ درحالی‌که رسوب‌گذاری در محدوده‌های با پوشش ۶/۷ تن در هکتار صورت گرفت که از نظر آماری در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین تأثیر در کنترل فرسایش بادی، مربوط به محدوده‌ی تاغ‌کاری شده بود. بررسی عملکرد محدوده‌ها نسبت به شدت طوفان‌ها نشان داد که در وقایع شدید، نقش حفاظتی محدوده‌ی تاغ بیش از سایر محدوده‌ها بود و برآیند مقادیر فرسایش و رسوب نیز برابر بود. در وقایع معمولی، بیشترین نقش حفاظتی به محدوده‌های پوشیده از اشنیان و قره‌داغ به ترتیب با رسوب‌گذاری ۵۲ و ۳۷/۵ تن در هکتار بازمی‌گشت. در طوفان‌های معمولی، گونه‌های با ارتفاع کمتر و گسترده بر روی زمین، تأثیر بیشتری بر کنترل فرسایش بادی داشتند؛ درحالی‌که در طوفان‌های شدید، گونه‌های با ارتفاع بلندتر. واژگان کلیدی: پین فرسایشی، پوشش گیاهی، طوفان گرد و غباری، گرد و غبار وزشی.

۱- مقدمه

یکی از اصلی‌ترین فرآیندهای تخریب اراضی و خاک، پدیده‌ی فرسایش است که به طور عمده توسط فرسایش آبی و بادی صورت می‌گیرد. با وجود اینکه پدیده‌ی فرسایش امری طبیعی است، اما افزایش فشار وارده بر طبیعت توسط انسان و مدیریت غیر اصولی منابع طبیعی به تشدید این پدیده منجر شده‌است و در بسیاری از مناطق بیش از مقدار طبیعی و مجاز خود می‌باشد. علاوه بر این، در برخی موارد انسان ناچار است برای بهبود شرایط محیط زندگی خود به مقابله یا کنترل این پدیده بپردازد. تعریفی که برنامه‌ی محیط زیست سازمان ملل متحد از بیابان‌زایی بیان می‌کند، تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب در نتیجه‌ی اثرات مخرب انسان بر محیط زیست است (Lee et al, 2019). اقدامات ناپایدار کاربری اراضی، شرایط نامساعد محیطی و افزایش جمعیت در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک، به بیابان‌زایی کمک می‌کند که این امر به اختلال در کارکردهای اکوسیستم، کاهش تولید، کاهش ترسیب کربن و بی‌ثباتی سیاسی و اجتماعی منجر می‌شود (Reisman-Berman et al, 2019). این وضعیت، توجه بیشتر به برنامه‌های بیولوژیکی را از طریق افزایش پوشش گیاهی برای مقابله با تخریب اراضی و بیابان‌زایی در پی داشته‌است (Reisman-Berman et al, 2019). بر این اساس، از اهداف اکولوژیکی و اجتماعی پروژه‌های بیولوژیکی بیابان‌زدایی، حفاظت و احیای خاک و تنوع زیستی، حفاظت آب، تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی، کنترل ریزگردها و سیلاب، و حفاظت از خرد اقلیم‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک است (Reisman-Berman et al, 2019). محرک‌های بیوفیزیکی بیابان‌زایی شامل اقلیم، زمین‌شناسی، خاک، هیدرولوژی، توپوگرافی و پوشش گیاهی است (Briassoulis, 2019). با سخت‌تر شدن عوامل اقلیمی، ادافیکی و جغرافیایی برای ادامه‌ی حیات در یک اکوسیستم، نقش پوشش گیاهی برای حفظ تعادل مهم‌تر و مشخص‌تر می‌شود (Jafari et al, 2013). تأثیر پوشش گیاهی بر فرسایش بادی مدت‌ها است که شناخته و تأیید شده‌است (An et al, 2015 & Buckley, 1996). بهترین و مؤثرترین روش کنترل فرسایش بادی، افزایش پوشش گیاهی به منظور پوشش سطح زمین است؛ زیرا پوشش گیاهی با ایجاد ناهمواری به افزایش زبری سطح منجر می‌شود. این امر، افزایش اصطکاک و در نتیجه کاهش سرعت باد را در پی دارد، ظرفیت حمل رسوبات توسط باد را کاهش می‌دهد و این رسوبات در سطح زمین و در مجاورت پوشش گیاهی رسوب می‌کند (Refahi, 2012). علاوه بر این، پوشش گیاهی از عواملی است که می‌تواند به بهبود خصوصیات خاک به ویژه چسبندگی ذرات، محتوای رطوبتی، ایجاد پوسته و مواد آلی خاک منجر شود که در تثبیت رسوبات و فرسایش بادی تأثیر مستقیم دارد (Khalili Moghadam et al, 2015). انتخاب گونه‌های گیاهی سازگار و مقاوم با شرایط خشک و بیابانی، به‌منظور کاهش و کنترل فرسایش بادی امری ضروری است. هر گونه‌ی گیاهی با توجه به ویژگی‌های خود، بر محیط اطرافش و به ویژه کاهش و کنترل فرسایش بادی تأثیر خاصی دارد. مهم‌ترین عامل موفقیت در استقرار پوشش گیاهی برای تثبیت ماسه‌های روان و کنترل فرسایش بادی در مناطق بیابانی، انتخاب نوع گیاهان مناسب برای این منظور است (Jafari et al, 2004).

در ایران طرح استفاده از پوشش گیاهی برای تثبیت و کنترل تپه‌های ماسه‌ای، به صورت عملیات جنگل‌کاری در سال ۱۳۳۸ در منطقه‌ی الباجی اهواز آغاز شد. سپس در سایر نواحی به ویژه مرکز، شرق و جنوب کشور ادامه یافت (Akbarian and Bineaz, 2011). در مورد بررسی و مقایسه‌ی عملکرد بلند مدت گونه‌های گیاهی به کارگرفته شده

در طرح‌های بیابان‌زایی، مطالعات اندکی صورت گرفته که بیشتر بر تغییر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی مناطق تحت اجرای این عملیات متمرکز بوده‌است. از جدیدترین مطالعات صورت گرفته در این زمینه، می‌توان به بررسی Al- Dousari و همکاران (۲۰۲۰) اشاره کرد که در آن به هزینه و اثر تغییر پوشش گیاهان بومی روی ماسه بادی، گرد و غبار، خردقلیم و انرژی پایدار در کشور کویت پرداخته شد. در این مطالعه که با بررسی تأثیر گونه‌های گیاهی سازگار با منطقه طی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۲۰ صورت گرفت، مشخص شد که گونه‌های *Haloxylon sp* نسبت به سایر گونه‌ها به ویژه *Stipagrostis sp*، در کنترل و تثبیت ماسه‌های بادی تأثیر ۱۰۰ درصدی داشته‌اند. همچنین به منظور تعیین بهترین نوع پوشش گیاهی در عملیات کنترل و تثبیت فرسایش بادی، Luo و همکاران (۲۰۲۰) مطالعه‌ای را بر روی تأثیر عملیات احیای پوشش گیاهی در مرکز چین انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که انواع عملیات احیای پوشش گیاهی به صورت کلی، به کاهش میزان انتقال ماسه بادی در مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی منجر شده‌است. در مطالعه‌ای مشابه، Xie و همکاران (۲۰۱۹) تأثیرات بادشکن‌ها، کمربندهای بوته‌ای، علفی و اراضی کشاورزی را بر فرسایش، انتقال و تثبیت رسوبات بادی در مناطق بیابانی کشور چین بررسی کردند. نتایج آنها نیز نشان داد که محدوده‌های تحت پوشش گیاهان بوته‌ای و علفی به دلیل داشتن زبری بیشتر، بالاترین اثر را در زمینه‌ی کنترل و کاهش فرسایش، انتقال و تثبیت رسوبات بادی داشته‌اند. همچنین می‌توان بررسی تأثیر سه گونه‌ی *Tamarix aphylla*، *Haloxylon aphyllum* Minkw L و *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt را در تثبیت رسوبات بادی منطقه‌ی سیستان، توسط Rashki و همکاران (۲۰۱۵) نام برد. در این مطالعه از هر یک از گونه‌های مورد بررسی، ۳۰ اصله غرس شد و به مدت سه سال تحت آبیاری و مراقبت قرار گرفت. سپس به اندازه‌گیری درصد بقاء، خزان و متوسط تاج پوشش هر گونه پرداخته شد و تحت آزمون آماری قرار گرفت. نتایج مطالعه‌ی آنها نشان داد که از نظر درصد بقاء و تاج پوشش گیاهی، تفاوت معنی‌داری بین گونه‌ها وجود داشت و در تثبیت ماسه‌های بادی و کنترل فرسایش بادی *Tamarix aphylla* در رتبه‌ی اول، گونه‌ی *Haloxylon aphyllum* در اولویت دوم و *Atriplex canescens* در جایگاه سوم قرار گرفت. Gholami Tabas و همکاران (۲۰۱۳)، اثر تاغ‌کاری را بر ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک در منطقه‌ی سرخس بررسی کردند. این امر با نمونه‌برداری از درصد تاج پوشش^۱، تراکم گیاهی^۲، حجم زنده‌ی اندام‌های گیاهی^۳ و ماده آلی خاک^۴ در دو منطقه‌ی نمونه و شاهد صورت گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل آماری این مطالعه نیز نشان داد که تاغ‌کاری به کاهش درصد تاج پوشش کل و تراکم گیاهی و کاهش مقدار ماده آلی در سطح خاک منجر شده، اما مقدار ماده آلی را در عمق خاک افزایش داده‌است. در مطالعه‌ای دیگر توسط Akbarian و Bineaz (۲۰۱۱)، مناسب-ترین گونه از بین گونه‌های سمر *Prosopis juliflora* Sw، مغیر *Acacia nubica* Benth، استبرق *Calotropis procera* Ait و کهور/یرانی *Prosopis cineraria* L برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای در شهرستان جاسک بررسی شد. در این بررسی تحت شرایط یکسان، از هر گونه ۳۰ اصله غرس و به مدت دو سال آبیاری و حفاظت شد. سپس با اندازه‌گیری درصد بقاء، خزان و متوسط تاج پوشش هر گونه به صورت آماری، داده‌های حاصل ارزیابی شد. نتایج آنها نشان داد که از نظر درصد بقاء و تاج پوشش، تفاوت معنی‌داری وجود دارد و از نظر گستره و دوام تاج پوشش، نهال‌های سمر مطلوب‌ترین

¹ canopy cover² plant density³ alive volume⁴ soil organic matter

وضع و نهال‌های کهور ایرانی نیز ضعیف‌ترین وضع را داشته‌اند. Javanshir و همکاران (۲۰۰۱) نیز تأثیر عملیات تاغ-کاری را در منطقه‌ی کالشور سبزواری بررسی کردند. این امر به منظور احیای بیابان و اصلاح خصوصیات خاک و پوشش گیاهی زیراشکوب صورت گرفت. در این مطالعه، سه منطقه‌ی تاغ‌کاری شده انتخاب و نمونه‌برداری از درصد تاج پوشش، تراکم، تولید، لاشبرگ، سنگریزه، خاک لخت و تنوع گیاهی، همچنین نمونه‌برداری از خاک سطحی و عمقی برای فاکتورهای EC، pH، OC، Ca^{+2} ، Mg^{+2} ، Na^{+1} ، Silt%، Clay% و Sand% انجام شد و تحت تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که تاغ‌کاری به افزایش درصد تاج پوشش گیاهی، لاشبرگ، افزایش تولید و بهبود ترکیب گیاهی منجر شده، اما افزایش EC خاک را نیز در پی داشته‌است.

گونه‌های گیاهی مختلف با داشتن ویژگی‌های گیاه‌شناسی خاص خود، در برابر فرسایش بادی تأثیرات یکسانی ندارند؛ بنابراین، در مناطقی که از پوشش گیاهی به‌منظور کنترل و کاهش فرسایش بادی استفاده شده، لازم است میزان تأثیر و نقش هر نوع پوشش گیاهی به‌منظور تشخیص مؤثرترین نوع پوشش بر فرسایش بادی تعیین شود. بررسی منابع داخلی و خارجی مختلف، همگی تأثیر مثبت پوشش گیاهی را در کنترل و کاهش فرسایش بادی تأیید کرده‌است. اما مطالعات کافی و قابل استنادی در خصوص اثرات و عملکرد بلندمدت هر گونه‌ی گیاهی به ویژه گونه‌های مرسوم به کارگرفته شده در طرح‌های اجرایی بیابان‌زدایی در دسترس نیست؛ از این رو، این پژوهش به عنوان یک نوآوری در این زمینه، تأثیر برخی از گونه‌های مرسوم در این طرح‌ها را بر فرسایش بادی مورد مقایسه قرار داده‌است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی میزان تأثیر گونه‌های *Haloxylon aphyllum*، *Haloxylon persicum*، *Seidlitzia rosmarinus*، *Atriplex canescens*، *Nitraria schoberi* L.، *Bunge ex Boiss.* بیابان‌زدایی اجرا شده در کانون بحرانی فرسایش بادی منطقه‌ی نوده پشنگ شهرستان گناباد بود. علاوه بر این، تأثیرات این گونه‌ها بر فرسایش بادی در وقایع طوفانی شدید و معمولی نیز بررسی شد. برای این منظور، تغییرات ارتفاع سطح خاک بر اثر فرسایش یا رسوب‌گذاری در محدوده‌های تحت اجرای عملیات بیابان‌زدایی با این گونه‌ها پس از ۸۱ واقعه‌ی طوفانی، با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی بررسی و مقایسه شد.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در جنوب استان خراسان رضوی و در شهرستان گناباد بین طول‌های $28^{\circ} 05' 59''$ تا $45^{\circ} 08' 08''$ شرقی و عرض‌های $34^{\circ} 27' 04''$ تا $34^{\circ} 29' 24''$ شمالی قرار دارد. این منطقه با مساحت ۲۰۰۰ هکتار، در قسمت شرقی محدوده مطالعات کانون بحرانی فرسایش بادی عمرانی - نوده پشنگ گناباد با مساحت کل ۹۴۰۰۰ هکتار واقع است (شکل ۱). ارتفاع متوسط این منطقه از سطح دریا، ۸۶۰ متر می‌باشد و مسطح است و شیبی کمتر از ۲ درصد دارد. متوسط بارندگی سالانه، ۱۵۷ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه‌ی آن، ۱۶/۹ درجه‌ی سانتیگراد است. نوع اقلیم منطقه نیز بر اساس روش دومارتن، خشک تعیین شده‌است (Forests, Range and Watershed Management Organization, 2003a). از نظر پوشش گیاهی، قبل از اجرای عملیات بیابان‌زدایی، سطح بیشتر محدوده‌ی مورد مطالعه فاقد پوشش بود و تنها برخی گونه‌های شورپسند شامل *Salsola richteri* Moq و *Seidlitzia rosmarinus* به همراه گونه‌های زودزی یک-ساله دیده می‌شد که از فراوان‌ترین آنها می‌توان به گونه‌های *Centaurea behen* L.، *Bromus dantonio* L.، *Gamanthus gamocarpus* Moq.، *Ceratocarpus arenarius* L.، *Chenopodium album* L.، *Cardaria draba* L.

Forests, Range and Watershed Management) اشاره کرد (*Papaver Rhoeas L. Salsola crassa M. Bieb.* (Organization, 2003c).



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

از نظر خاک‌شناسی، اراضی مورد مطالعه از حمل و رسوب مواد فرسایشی ریزدانه - که از ارتفاعات بالادست حمل شده - به وجود آمده‌است. این اراضی دارای رخساره‌ی ژئومورفولوژی دشت ریگی ریزدانه و با شیب ۱ تا ۲ درصد است. خاک آن نیز با بافت لوم رس ماسه‌ای و ساختمان دانه‌ای ریز، دارای وزن مخصوص ظاهری ۱/۷۷ گرم بر سانتی-متر مکعب است (جدول ۱). همچنین آهک ثانویه به مقدار زیاد در خاک‌های این منطقه دیده می‌شود (Forests, Range and Watershed Management Organization, 2003b).

جدول ۱: نتایج اطلاعات خاک‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه (Forests, Range and Watershed Management Organization, 2003b)

عمق (سانتی‌متر)	Clay%	Silt%	Sand%	OC%	SAR	CaSo ⁴	TNV	EC	pH
۰-۱۴	۲۰	۱۴	۶۶	۰/۲۴۶	۱۰/۳۵	۰/۰۰۵	۲۱/۰۹	۴/۰۲	۸/۱۴
۱۴-۴۰	۲۴	۱۰	۶۶	۰/۱۱۴	۳۱/۲۸	۰/۰۲۱	۲۱/۸۸	۱۵/۱۶	۷/۹۴

۳- مواد و روش

۳-۱- شناسایی محدوده‌های تحت بررسی

پس از تعیین منطقه‌ی مورد مطالعه، در ابتدا با توجه به گونه‌های کاشت شده، زمان کاشت گونه‌ها، مساحت تحت کاشت، مقدار تاج پوشش، تراکم گونه‌ها و شرایط فیزیکی و اقلیمی شش محدوده شناسایی شد. این محدوده‌ها در عرصه‌ای با مساحت ۲۰ کیلومترمربع و با ابعاد ۴ در ۵ کیلومتر تعیین شد تا امکان در نظر گرفتن شرایط فیزیکی و اقلیمی یکسان در سراسر آن وجود داشته باشد. همچنین برای در نظر گرفتن تأثیر یکسان سرعت و جهت باد و وقایع طوفانی بر روی محدوده‌ها، حداکثر فاصله‌ی ممکن بین آنها کمتر از ۳ کیلومتر در نظر گرفته شد. در هر یک از این محدوده‌ها گونه‌ها، زمان کاشت یکسان بیش از ۱۰ سال و مساحت بیش از یک هکتار داشتند. مقدار تاج پوشش آنها نیز بین ۱۰ تا ۲۰ درصد و تراکم ۲۵۰ اصله در هکتار بود.

۳-۲- گونه‌های مورد بررسی

محدوده‌های تعیین شده شامل محدوده‌های تحت پوشش تاغ، اشنیان، قره‌داغ، آتریپلکس و محدوده‌ای تحت کاشت مخلوط از تاغ، اشنیان، قره‌داغ و آتریپلکس بود. همچنین یک محدوده که فاقد هر گونه عملیات اجرایی بیابان‌زدایی بود و شرایط فیزیکی و اقلیمی مشابه با سایر محدوده‌ها داشت، به‌عنوان محدوده‌ی شاهد درون منطقه‌ی مورد مطالعه تعیین شد (جدول ۲). تاغ، گیاهی است از خانواده‌ی اسفناجیان که جنس *Haloxylon* دارای مقاومت زیاد در برابر خشکی، شوری و گرما است. دو گونه‌ی مهم تاغ عبارتند از: سیاه تاغ (*Haloxylon aphyllum*) و زرد تاغ یا سفید تاغ (*Haloxylon persicum*) که هر دو این گونه‌ها می‌توانند در مناطق با بارندگی بیش از ۵۰ میلی‌متر در سال رشد و تکثیر کنند. اشنیان (*Seidlitzia rosmarinus*)، گیاهی از خانواده‌ی اسفناجیان است که در برابر شوری و کم‌آبی مقاوم می‌باشد. این گیاه به صورت بوته‌ای و گاه درختچه‌ای پایا، چند ساله، دارای انشعابات فرعی متعدد با برگ‌های دراز گوشتی است. قره‌داغ (*Nitraria schoberi*)، گیاهی است از خانواده‌ی قبیچ با مقاومت زیاد در برابر خشکی، شوری و گرما که فرم رویشی درختچه‌ای دارد و در محدوده‌ای با بارندگی بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در سال، می‌تواند رشد و تکثیر کند. آتریپلکس (*Atriplex*) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده‌ی اسفناجیان است. یکی از گونه‌های سازگار و مورد استفاده در عملیات احیای بیابان، گونه‌ی *A.canensens* است (Ekhtesasi, 2010).

جدول ۲: گونه‌های کشت شده، زمان کاشت و سطح زیرکشت هر یک از محدوده‌های مورد مطالعه

نام محدوده	سال کاشت	مساحت (هکتار)	تعداد نهال کاشته شده در هکتار	گونه‌های کاشت شده
تاغ	۱۳۸۲	۱۵۰	۲۵۰	<i>Haloxylon aphyllum</i> , <i>Haloxylon persicum</i>
اشنیان	۱۳۸۲	۱۵۰	۲۵۰	<i>Seidlitzia rosmarinus</i>
قره‌داغ	۱۳۸۲	۲۰۰	۲۵۰	<i>Nitraria schoberi</i>
آترپلکس	۱۳۸۲	۱۵۰	۲۵۰	<i>Atriplex canescens</i>
مخلوط	۱۳۸۲	۳۵۰	۲۵۰	<i>Haloxylon aphyllum</i> , <i>Haloxylon persicum</i> , <i>Seidlitzia rosmarinus</i> , <i>Nitraria schoberi</i> , <i>Atriplex canescens</i>
شاهد	-	۱۰۰۰	-	-

۳-۳- نمونه‌برداری و جمع‌آوری داده‌ها

در مرحله‌ی بعد، نمونه‌برداری صحرایی در داخل هر محدوده به روش تصادفی سیستماتیک صورت گرفت؛ بدین صورت که با کاشت ۱۸ پین فرسایشی به فاصله‌ی یک متر از یکدیگر و در دو محور عمود بر هم در راستای چهار جهت جغرافیایی اصلی، در دو تکرار صورت گرفت. ارتفاع پین‌های فرسایشی نصب شده، به صورت منظم و بعد از هر واقعه‌ی طوفانی طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برداشت شد. سپس مقادیر ارتفاع پین‌های برداشت شده نسبت به ارتفاع مرجع و برداشت‌های قبل، مقایسه و تغییرات ارتفاع آنها برای هر محدوده، اندازه‌گیری و حجم مقادیر فرسایش و رسوب تعیین شد (Haigh, 1977 & Hudson, 1993 & Stroosnijder, 2015).

همچنین داده‌های پوشش گیاهی در هر محدوده از جمله متوسط درصد تاج پوشش گیاهی، تراکم و ارتفاع، بر اساس برداشت‌های صحرایی فروردین‌ماه ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برای هر محدوده اندازه‌گیری شد و این امر به روش نمونه‌برداری تصادفی و با استفاده از ترانسکت‌های ۵۰ متری صورت گرفت (Moghadam, 2015).

داده‌های سرعت باد، جهت باد و دید افقی نیز از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گناباد واقع در فاصله‌ی ۳۰ کیلومتری از منطقه‌ی مورد مطالعه جمع‌آوری شد. بر این اساس روزهایی که دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰۰ متر رسیده بود، تعیین و کدهای روزانه‌ی وضعیت هوای آنها استخراج شد. تعداد ۰ تا ۹۹ کد توسط سازمان هواشناسی جهانی^۱ تعریف شده‌است که ۱۱ مورد آن مربوط به وقایع فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غباری است (Vali and Roustaei, 2018). با توجه به هدف این پژوهش، ۹ کد شامل کدهای هواشناسی ۰۷، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵ و ۹۸ در ایستگاه هواشناسی گناباد تعیین شد. با توجه به اینکه ممکن است در یک روز بیش از چند پدیده رخ دهد، بنابر استاندارد سازمان هواشناسی جهانی به گزارش پدیده‌ای پرداخته شد که مهم‌تر است و در کدبندی نیز رتبه‌ی بالاتری دارد (جدول ۳). همچنین به منظور بررسی دقیق‌تر تأثیر نوع گونه‌های کشت شده بر میزان فرسایش و رسوب بادی، بر اساس تقسیم‌بندی سازمان هواشناسی جهانی (Hui et al, 2018) وقایع ثبت شده طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در منطقه‌ی مورد مطالعه به دو گروه تقسیم شد؛ وقایع معمولی که دید افقی آنها بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر است و گرد و غبار وزشی نامیده می‌شود، و وقایع شدید که دید افقی آنها کمتر از ۱۰۰۰ متر است و طوفان گردوغباری نام دارد (جدول ۴).

¹ World Meteorological Organization

جدول ۳: کدهای هواشناسی تعریف شده برای تعیین وقایع فرسایشی بادی در منطقه‌ی مورد مطالعه

کد هواشناسی	توضیحات پدیده‌ی ظاهر شده
۰۷	گرد و غبار یا ماسه‌ای که در محل ایستگاه بلند شده‌است.
۰۹	گرد و خاک در ساعت دیده‌بانی در اطراف ایستگاه وجود دارد، یا در طی ساعت گذشته در ایستگاه وجود داشته‌است.
۳۰	طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده‌است با دید افقی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر
۳۱	طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییری نکرده‌است با دید افقی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر
۳۲	طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده‌است با دید افقی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر
۳۳	طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده‌است با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر
۳۴	طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییری نکرده‌است با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر
۳۵	طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده‌است با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر
۹۸	طوفان‌هایی که در محل ایستگاه یا اطراف آن بلند شده‌اند با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر

جدول ۴: وقایع طوفان گرد و غباری و گرد و غبار وزشی ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک گناباد طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

واقعه	تاریخ	دید افقی (متر)	نوع طوفان	واقعه	تاریخ	دید افقی (متر)	نوع طوفان
۱	۱۳۹۶/۱/۱	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۴۲	۱۳۹۷/۱/۱۹	۵۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۲	۱۳۹۶/۱/۲	۵۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۴۳	۱۳۹۷/۱/۲۵	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۳	۱۳۹۶/۱/۴	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۴۴	۱۳۹۷/۱/۲۶	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۴	۱۳۹۶/۱/۵	۵۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۴۵	۱۳۹۷/۱/۲۷	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۵	۱۳۹۶/۱/۶	<۵۰۰	طوفان گرد و غباری	۴۶	۱۳۹۷/۱/۲۸	<۵۰۰	طوفان گرد و غباری
۶	۱۳۹۶/۱/۱۴	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۴۷	۱۳۹۷/۱/۲۹	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۷	۱۳۹۶/۱/۱۵	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۴۸	۱۳۹۷/۲/۳	<۵۰۰	طوفان گرد و غباری
۸	۱۳۹۶/۱/۱۶	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۴۹	۱۳۹۷/۲/۴	۵۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۹	۱۳۹۶/۱/۲۲	۳۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۰	۱۳۹۷/۲/۹	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۰	۱۳۹۶/۱/۲۳	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۱	۱۳۹۷/۲/۱۰	۳۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۱	۱۳۹۶/۱/۲۴	۵۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۲	۱۳۹۷/۲/۲۰	<۵۰۰	طوفان گرد و غباری
۱۲	۱۳۹۶/۱/۲۶	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۳	۱۳۹۷/۲/۲۱	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۳	۱۳۹۶/۱/۲۷	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۴	۱۳۹۷/۲/۲۲	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۴	۱۳۹۶/۲/۱	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۵	۱۳۹۷/۲/۲۳	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۵	۱۳۹۶/۲/۲	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۶	۱۳۹۷/۲/۲۴	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۶	۱۳۹۶/۲/۶	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۷	۱۳۹۷/۲/۲۵	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۷	۱۳۹۶/۲/۷	۳۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۸	۱۳۹۷/۲/۲۶	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۸	۱۳۹۶/۲/۱۴	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۵۹	۱۳۹۷/۳/۶	۵۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۱۹	۱۳۹۶/۲/۱۵	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۶۰	۱۳۹۷/۳/۷	<۵۰۰	طوفان گرد و غباری
۲۰	۱۳۹۶/۲/۱۶	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۶۱	۱۳۹۷/۳/۸	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی
۲۱	۱۳۹۶/۲/۱۷	۴۰۰۰	گرد و غبار وزشی	۶۲	۱۳۹۷/۳/۹	۲۰۰۰	گرد و غبار وزشی

گرد و غبار وزشی	۵۰۰	۱۳۹۷/۳/۱۰	۶۳	طوفان گرد و غباری	<۵۰۰	۱۳۹۶/۲/۱۸	۲۲
طوفان گرد و غباری	۱۰۰۰	۱۳۹۷/۳/۱۲	۶۴	گرد و غبار وزشی	۶۰۰۰	۱۳۹۶/۲/۱۹	۲۳
گرد و غبار وزشی	۲۰۰۰	۱۳۹۷/۳/۱۳	۶۵	گرد و غبار وزشی	۶۰۰۰	۱۳۹۶/۲/۲۴	۲۴
گرد و غبار وزشی	۵۰۰۰	۱۳۹۷/۳/۱۴	۶۶	گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۶/۲/۲۵	۲۵
طوفان گرد و غباری	۱۰۰۰	۱۳۹۷/۳/۱۸	۶۷	گرد و غبار وزشی	۵۰۰۰	۱۳۹۶/۲/۲۷	۲۶
گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۷/۴/۱۱	۶۸	گرد و غبار وزشی	۶۰۰۰	۱۳۹۶/۲/۲۸	۲۷
گرد و غبار وزشی	۳۰۰۰	۱۳۹۷/۴/۱۲	۶۹	گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۶/۳/۱	۲۸
گرد و غبار وزشی	۵۰۰۰	۱۳۹۷/۴/۱۹	۷۰	گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۶/۳/۸	۲۹
طوفان گرد و غباری	۱۰۰۰	۱۳۹۷/۴/۲۰	۷۱	گرد و غبار وزشی	۲۰۰۰	۱۳۹۶/۳/۱۳	۳۰
گرد و غبار وزشی	۵۰۰۰	۱۳۹۷/۴/۲۱	۷۲	گرد و غبار وزشی	۵۰۰۰	۱۳۹۶/۴/۲	۳۱
گرد و غبار وزشی	۶۰۰۰	۱۳۹۷/۵/۱	۷۳	گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۶/۴/۲۱	۳۲
گرد و غبار وزشی	۳۰۰۰	۱۳۹۷/۵/۳	۷۴	گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۶/۵/۱۸	۳۳
گرد و غبار وزشی	۵۰۰۰	۱۳۹۷/۵/۲۰	۷۵	گرد و غبار وزشی	۳۰۰۰	۱۳۹۶/۵/۲۰	۳۴
گرد و غبار وزشی	۲۰۰۰	۱۳۹۷/۵/۲۱	۷۶	گرد و غبار وزشی	۵۰۰۰	۱۳۹۶/۵/۲۱	۳۵
گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۷/۵/۲۵	۷۷	گرد و غبار وزشی	۲۰۰۰	۱۳۹۷/۱/۷	۳۶
طوفان گرد و غباری	<۵۰۰	۱۳۹۷/۵/۲۹	۷۸	طوفان گرد و غباری	<۵۰۰	۱۳۹۷/۱/۱۱	۳۷
طوفان گرد و غباری	<۵۰۰	۱۳۹۷/۵/۳۰	۷۹	طوفان گرد و غباری	<۵۰۰	۱۳۹۷/۱/۱۲	۳۸
گرد و غبار وزشی	۲۰۰۰	۱۳۹۷/۶/۲۳	۸۰	طوفان گرد و غباری	<۵۰۰	۱۳۹۷/۱/۱۶	۳۹
گرد و غبار وزشی	۲۰۰۰	۱۳۹۷/۶/۲۹	۸۱	گرد و غبار وزشی	۳۰۰۰	۱۳۹۷/۱/۱۷	۴۰
				گرد و غبار وزشی	۴۰۰۰	۱۳۹۷/۱/۱۸	۴۱

۴-۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده، مقادیر فرسایش و رسوب در هر یک از محدوده‌های مورد بررسی و وقایع طوفانی از نظر آماری مورد مقایسه قرار گرفت. برای این منظور با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، از آزمون‌های ناپارامتری در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد. سپس تفاوت آماری بین محدوده‌های مورد مطالعه به صورت دو به دو با استفاده از آزمون من - ویتنی بررسی شد. همچنین تفاوت آماری بین محدوده‌ها با یکدیگر، در دو حالت با در نظر گرفتن محدوده‌ی شاهد (فاقد پوشش) و بدون آن با استفاده از آزمون کروسکال والیس صورت گرفت. برای بررسی تفاوت بین محدوده‌های مورد مطالعه از نظر شدت طوفان، از آزمون من - ویتنی برای هر یک از دو گروه وقایع طوفان گرد و غباری و گرد و غبار وزشی استفاده شد.

۴- یافته‌ها (نتایج)

بررسی ویژگی‌های متوسط درصد تاج پوشش گیاهی، متوسط تراکم گیاهی و ارتفاع گونه‌های گیاهی موجود در هر یک از محدوده‌های مورد مطالعه نشان داد که محدوده‌ی کاشت شده به وسیله‌ی تاغ با ۱۸/۴ درصد تاج پوشش، بیشترین مقدار تاج پوشش گیاهی را در بین محدوده‌های مورد مطالعه دارد. همچنین گونه‌های تاغ این محدوده با داشتن متوسط

ارتفاع ۱/۶ متر، بلندترین ارتفاع گونه‌های کشت شده در بین محدوده‌های مورد مطالعه را دارا می‌باشد. بیشترین تراکم گونه‌های گیاهی نیز با ۲۰۵ اصله در هکتار، به محدوده‌ی کاشت مخلوط بازمی‌گردد (جدول ۵).

جدول ۵: ویژگی‌های پوشش گیاهی برداشت شده در هر یک از محدوده‌های تحت مطالعه

شاخص	تاغ	اشنیا	قره‌داغ	آتریپلکس	مخلوط	شاهد
متوسط درصد تاج پوشش گیاهی	۱۸/۴	۱۲/۸	۱۴/۱	۱۳	۱۶/۴	۰
متوسط تراکم گیاهی (تعداد در هکتار)	۱۹۰	۱۷۵	۱۹۰	۱۷۰	۲۰۵	۰
متوسط ارتفاع (متر)	۱/۶	۰/۶	۰/۶۵	۱/۴	۱/۰	۰

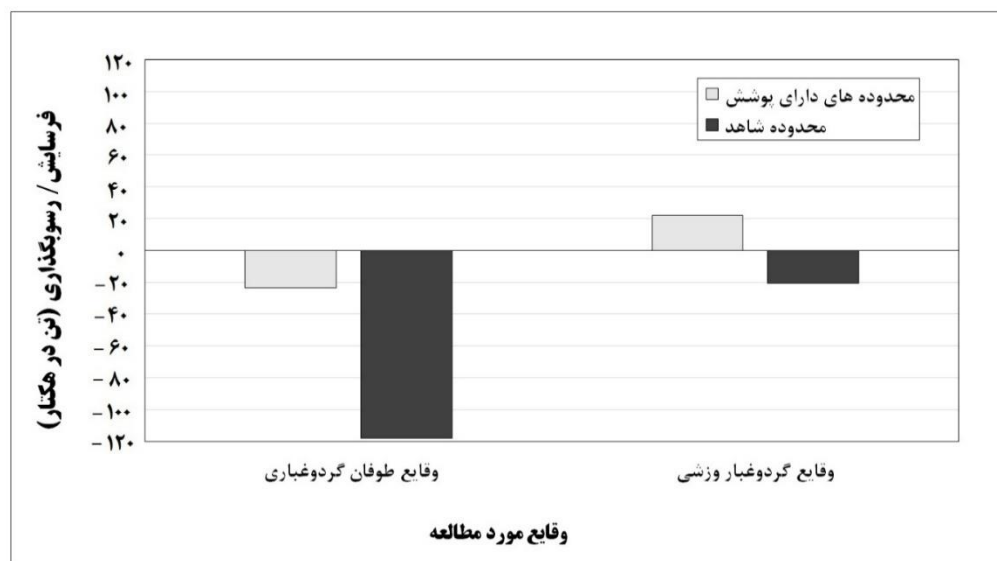
نتایج حاصل از بررسی متوسط تغییرات ارتفاعی پین‌ها در طول ۸۱ واقعه‌ی طوفانی در دوره‌ی تحت مطالعه نشان داد که بیشترین تأثیر در کنترل فرسایش بادی به ترتیب مربوط به محدوده‌های پوشیده از تاغ، اشنیا، کاشت مخلوط، آتریپلکس و قره‌داغ بود. بر اساس نتایج حاصل، متوسط فرسایش بادی در محدوده‌ی شاهد ۸۳/۶ تن در هکتار اندازه‌گیری شد؛ در حالی که در محدوده‌های تحت پوشش تاغ، اشنیا، کاشت مخلوط و آتریپلکس نه تنها فرسایش بلکه رسوب‌گذاری نیز رخ داده بود. بیشترین مقدار رسوب‌گذاری، مربوط به محدوده‌ی تحت پوشش تاغ با متوسط ۱۱/۸ تن در هکتار بود. کمترین تأثیر در کنترل فرسایش بادی نیز به محدوده‌ی تحت پوشش با گیاه قره‌داغ بازمی‌گشت که تنها مقدار فرسایش خاک را به ۱ تن در هکتار کاهش داد و رسوب‌گذاری در آن صورت نگرفت (جدول ۶). نتایج حاصل، تأثیر پوشش گیاهی را در کاهش فرسایش بادی به خوبی نشان می‌داد. در بین این گونه‌ها، عملکرد کلی محدوده‌ی تحت گونه‌ی قره‌داغ در مقایسه با سایر گونه‌ها در برابر فرسایش بادی کمتر بود، اما نسبت به محدوده‌ی فاقد پوشش بسیار قابل توجه است.

جدول ۶: متوسط تغییرات ارتفاعی سطح خاک و فرسایش و رسوب بادی در هر یک از محدوده‌های تحت مطالعه

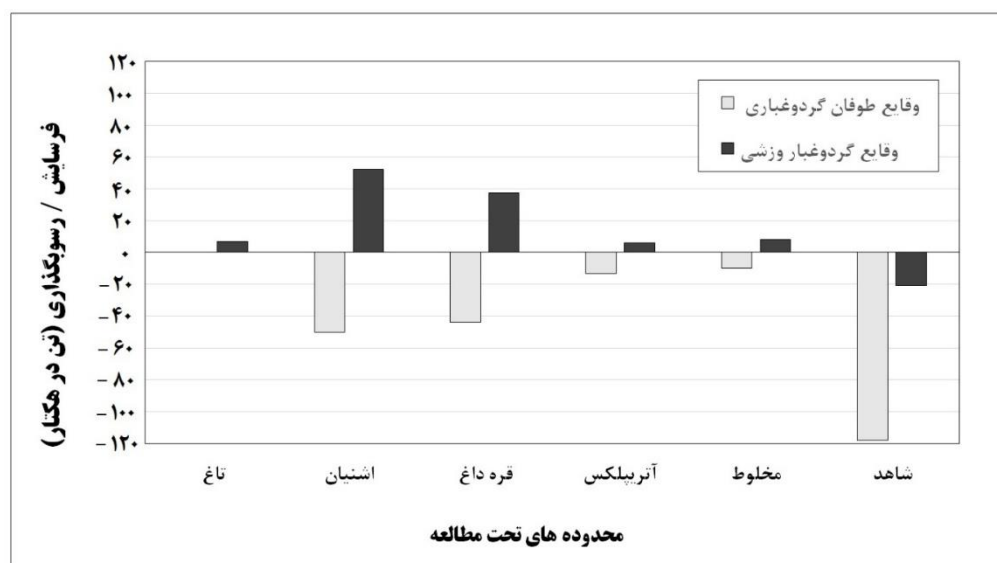
شاخص	تاغ	اشنیا	قره‌داغ	آتریپلکس	مخلوط	شاهد
متوسط تغییرات* (میلی‌متر)	+۰/۶	+۰/۵	-۰/۰۶	+۰/۳	+۰/۵	-۴/۷
فرسایش/رسوب* (تن در هکتار)	+۱۱/۸	+۸/۸	-۱	+۵/۹	+۸/۳	-۸۳/۶

* مقادیر - فرسایش و مقادیر + رسوب‌گذاری

بر اساس نتایج حاصل، متوسط فرسایش بادی در وقایع طوفان گرد و غباری در محدوده‌های دارای پوشش گیاهی، ۲۳/۴ تن در هکتار و در محدوده‌ی شاهد ۱۱۸ تن در هکتار بود. متوسط مقدار رسوب‌گذاری در این محدوده‌ها برابر با صفر اندازه‌گیری شد (شکل ۲). در این گروه از وقایع، محدوده‌ی پوشیده از تاغ بیشترین مقاومت و اثر را در برابر فرسایش بادی نشان داد؛ به طوری که مقدار فرسایش و رسوب بادی با هم موازنه شد و برابر صفر بود (شکل ۳). در وقایع گرد و غبار وزشی، متوسط فرسایش بادی در محدوده‌های دارای پوشش گیاهی صفر بود، اما در محدوده‌ی شاهد به میزان ۲۰/۷ تن در هکتار اندازه‌گیری شد. در این گروه از وقایع، متوسط رسوب‌گذاری در محدوده‌های دارای پوشش گیاهی برابر با ۲۲/۱ تن در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۲). بیشترین رسوب‌گذاری در محدوده‌های پوشیده از اشنیا و قره‌داغ نیز به ترتیب به میزان ۵۲ و ۳۷/۵ تن در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۳).



شکل ۲: متوسط فرسایش و رسوب بادی در وقایع طوفان گرد و غباری و گرد و غبار وزشی در محدوده‌های دارای پوشش گیاهی و شاهد (مقادیر - فرسایش، مقادیر + رسوب گذاری)



شکل ۳: متوسط فرسایش و رسوب بادی در وقایع طوفان گرد و غباری و گرد و غبار وزشی در هر یک از محدوده‌های تحت مطالعه (مقادیر - فرسایش، مقادیر + رسوب گذاری)

نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها نشان داد که داده‌های موجود نرمال نیست و امکان نرمال‌سازی آنها وجود ندارد. بنابراین، برای بررسی تفاوت بین محدوده‌های مورد بررسی از آزمون‌های ناپارامتری استفاده شد. نتایج آزمون من - ویتنی تفاوت معنی‌داری را در سطح یک درصد، تنها بین هر یک از محدوده‌های تحت پوشش گونه‌های تاغ، اشنیا و کشت مخلوط با محدوده‌ی شاهد نشان داد. کمترین مقدار سطح معنی‌داری مربوط به محدوده‌ی تحت پوشش با تاغ بود، اما مقدار این تفاوت برای گونه‌های قره‌داغ و آترپیلکس در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۷). با در نظر گرفتن تمامی

محدوده‌ها، نتایج آزمون کروسکال والیس تفاوت معنی‌داری را بین محدوده‌های تحت پوشش گونه‌های گیاهی با یکدیگر نشان نداد، اما با در نظر گرفتن محدوده‌ی شاهد، این تفاوت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج بررسی تفاوت آماری بین محدوده‌های مورد مطالعه در وقایع طوفان گرد و غباری نشان داد که تنها تفاوت معنی‌داری، بین محدوده‌ی تحت پوشش تاغ و کاشت مخلوط با محدوده‌ی شاهد و به ترتیب در سطح یک درصد و ۵٪ بود و بین سایر محدوده‌های تحت پوشش، تفاوت معنی‌داری دیده نشد. نتایج بررسی تفاوت آماری در وقایع گرد و غبار وزشی، تفاوت معنی‌داری را بین هیچ یک از سطوح با هم نشان نداد.

جدول ۷: نتایج آزمون من - ویتنی بین هر دو محدوده‌ی تحت پوشش

محدوده‌ی تحت آزمون	من - ویتنی	Z	P
تاغ	۹۷۵/۵	-۲/۸۴۴	۰/۰۰۴
اشنیا	۱۰۱۰/۵	-۲/۷۵۵	۰/۰۰۶
قره‌داغ	۱۰۲۴/۵	-۱/۹۷۳	۰/۰۴۹
آتریپلکس	۱۰۷۷/۰	-۲/۰۷۱	۰/۰۳۸
مخلوط	۸۱۶/۰	-۲/۶۶۳	۰/۰۰۸
تاغ	۱۳۷۷/۰	-۰/۳۳۸	۰/۷۳۶
تاغ	۱۲۴۴/۰	-۰/۳۶۶	۰/۷۱۴
تاغ	۱۲۰۱/۵	-۱/۱۳۷	۰/۲۵۶
تاغ	۱۱۵۹/۰	-۰/۰۵۱	۰/۹۵۹
اشنیا	۱۲۵۳/۵	-۰/۴۶۰	۰/۶۴۶
اشنیا	۱۲۲۸/۰	-۱/۱۱۶	۰/۲۶۴
اشنیا	۱۱۴۷/۰	-۰/۲۹۴	۰/۷۶۹
قره‌داغ	۱۲۶۳/۰	-۰/۰۷۵	۰/۹۴۰
قره‌داغ	۱۰۵۲/۰	-۰/۲۰۱	۰/۸۴۱
آتریپلکس	۱۰۲۱/۰	-۰/۹۰۹	۰/۳۶۳

جدول ۸: نتایج آزمون کروسکال والیس بین محدوده‌های تحت پوشش

کای اسکور	درجه آزادی	P
محدوده‌های تحت پوشش بدون در نظر گرفتن منطقه شاهد	۴	۰/۸۲۶
محدوده‌های تحت پوشش با در نظر گرفتن منطقه شاهد	۵	۰/۰۳۷

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش از روش پین‌های فرسایشی برای بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر مقدار فرسایش و رسوب بادی در محدوده‌های مورد مطالعه استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که این روش می‌تواند به عنوان یک روش مستقیم و ساده‌ی اندازه‌گیری فرسایش بادی در مطالعات میدانی در نظر گرفته شود. مطالعات قبلی صورت گرفته در این زمینه نیز نشان داد که از این روش برای اندازه‌گیری مقدار سالانه‌ی فرسایش بادی استفاده شده‌است. در جدیدترین بررسی

صورت گرفته توسط Afrasyabi و همکاران (۲۰۱۹)، تفاوت معنی‌داری بین نتایج این روش و روش‌های پیشرفته‌ای مانند فاصله یاب لیزری دیده نشده است.

در این پژوهش تفاوت معنی‌دار مقادیر فرسایش و رسوب بین محدوده‌های تحت کاشت با محدوده‌ی فاقد کاشت، تأثیرگذاری پوشش گیاهی بر کنترل فرسایش بادی را به خوبی نشان داد. مهم‌ترین دلیل این تأثیر، افزایش زبری سطح بر اثر استقرار پوشش گیاهی است که به کاهش سرعت جریان باد و ظرفیت حمل رسوبات بادی منجر می‌شود. نقش انواع پوشش گیاهی در عملیات کنترل و تثبیت ماسه‌های بادی توسط Luo و همکاران (۲۰۲۰) نیز تأیید شده است. همچنین Miao و همکاران (۲۰۱۵) و Safaie Ghahnavie و همکاران (۲۰۱۱) در نتایج مشابهی، نقش احیای مناطق خشک و بیابانی با گونه‌های درختی و درختچه‌ای را برای کنترل و تثبیت فرسایش بادی تأیید کرده‌اند. تأثیر پوشش گیاهی بر کنترل و کاهش فرسایش بادی در تحقیقات مختلف کاملاً ثابت شده است؛ به طوری که He و همکاران (۲۰۰۷)، ایجاد پوشش گیاهی را مناسب‌ترین روش برای کنترل و تثبیت فرسایش بادی معرفی کرده‌اند. با وجود اینکه احیای این پوشش راهکاری جهانی برای کنترل فرسایش بادی است، برخی از پروژه‌ها به دلیل فقدان توجه به عملکردهای اکولوژیکی مانند کاشت گونه‌های نامناسب، طراحی نامناسب بادشکن‌ها و طرح‌های غیرتوجهی کنترل فرسایش، مؤثر نبوده‌اند. نتایج حاصل نشان داد در مجموع ۸۱ واقعه، تأثیر محدوده‌ی تحت پوشش با گونه‌های تاغ بیش از سایر گونه‌ها است. کمترین تأثیر نیز مربوط به محدوده‌ی تحت پوشش با قره‌داغ است؛ هر چند که تفاوت معنی‌داری بین محدوده‌ی قره‌داغ و فاقد پوشش وجود دارد، در مقایسه با سایر گونه‌ها، عملکرد کمتری داشته است. یکی از مهم‌ترین دلایلی که می‌توان برای این کاهش عملکرد کلی بیان کرد، ارتفاع کم این گونه نسبت به سایر گونه‌های تحت مطالعه است؛ زیرا بر اساس نتایج Rashki و همکاران (۲۰۱۵)، بین ارتفاع بادشکن‌ها و کنترل و کاهش فرسایش بادی رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد. نتایج مطالعه‌ی صورت گرفته توسط Al-Dousari و همکاران (۲۰۲۰) و Jafarian و همکاران (۲۰۱۴) نیز نقش گونه‌ی تاغ را در کنترل فرسایش بادی و تثبیت خاک تأیید کرده و حتی تأثیر آن را بیش از سایر گونه‌های مقاوم به خشکی معرفی کرده است. بررسی بیشتر سطوح دارای پوشش نشان داد که متوسط تاج پوشش گونه‌های تاغ در محدوده‌ی تاغ‌کاری شده ۱۸/۴ درصد بود که از سایر محدوده‌های تحت کاشت بیشتر است و این می‌تواند از علل اصلی تأثیر بیشتر تاغ بر کنترل فرسایش بادی در منطقه‌ی مورد مطالعه باشد؛ زیرا افزایش تاج پوشش گیاهی اقدامی مؤثر برای کنترل انواع طوفان‌های حاصل از این فرسایش است. عملکرد کلی محدوده‌ی تحت پوشش آتریپلکس در برابر وقایع نیز نسبت به سایر محدوده‌های تحت پوشش کمتر بود. این امر می‌تواند نشان دهنده‌ی نقش ارتفاع، تراکم و درصد تاج پوشش آن نسبت به سایر محدوده‌های تحت پوشش باشد. نتایج Rashki و همکاران (۲۰۱۵) نیز در زمینه‌ی آتریپلکس، نقش ارتفاع گونه‌ها را در برابر فرسایش بادی نشان داد. علاوه بر موارد گفته شده، خصوصیات مورفولوژیکی و نفوذپذیری توده‌ی گیاه در برابر باد نیز می‌تواند از عوامل مؤثر بر کاهش فرسایش بادی باشد؛ به طوری که پس از تاغ، محدوده‌ی اشنیان دارای بیشترین عملکرد کلی در برابر این فرسایش بود. با این وجود، Refahi (۲۰۱۲) بهترین و مؤثرترین روش کنترل فرسایش بادی را افزایش درصد پوشش گیاهی معرفی کرده است. تأثیر مثبت درصد پوشش گیاهی در کاهش فرسایش بادی، در تحقیقات پیشین نیز تأیید شده است. بنابراین، گونه‌هایی که پس از استقرار می‌توانند به راحتی تکثیر شوند، خواهند توانست درصد پوشش

گیاهی را در منطقه بالا برند که این امر می‌تواند نقش کنترلی و حفاظتی آنها را در برابر این فرسایش افزایش دهد. بر این اساس، نوع گونه می‌تواند بر کنترل فرسایش بادی مؤثر باشد. نتایج مطالعه‌ی Javanshir و همکاران (۱۹۹۷) نیز نشان داد که انتخاب نوع گونه‌ی مناسب، برای کنترل فرسایش بادی و تثبیت رسوبات بادی ضروری است.

بررسی عملکرد گونه‌ها در برابر شدت طوفان نشان داد که مقدار تأثیر حفاظتی گونه‌های مختلف نسبت به شدت وقایع طوفانی متفاوت و متغیر است. یک گونه در تمام وقایع فرسایشی، تأثیر و عکس‌العمل یکسان نداشته و تأثیر آن بر کنترل فرسایش و تثبیت رسوبات بادی در برخی از شدت‌ها بیشتر است. در وقایع طوفان گرد و غباری (وقایع شدید) در منطقه‌ی مورد مطالعه، نقش حفاظتی تاغ و کشت مخلوط بیش از سایر محدوده‌ها بود؛ در حالی که در وقایع گرد و غبار وزشی (وقایع معمولی)، نقش حفاظتی و ترسیبی اشنیان و قره‌داغ بیشتر بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که در وقایع گرد و غبار وزشی، گونه‌های کم ارتفاع و گسترده بر روی زمین مانند اشنیان و قره‌داغ، تأثیر بیشتری بر کنترل فرسایش بادی داشته و با کاهش بیشتر سرعت جریان باد در نزدیکی سطح زمین، به ترسیب رسوبات بادی می‌پردازند. در حالی که در طوفان‌های گرد و غباری، گونه‌های با ارتفاع بلندتر تأثیر بیشتری بر کنترل فرسایش داشته‌اند. نتایج Rashki و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که گونه‌ی گز شاهی به دلیل ارتفاع بیشتر در تثبیت رسوبات بادی نسبت به تاغ و آتریپلکس، مؤثرتر بوده است.

با توجه به نقش کنترلی پوشش گیاهی بر فرسایش بادی، استقرار گونه‌های مقاوم با شرایط بیابانی، راهکاری اصلی برای عملیات بیابان‌زدایی است. هر نوع پوشش گیاهی با توجه به پوشش سطح خاک و افزایش زبری سطح می‌تواند با کاهش سرعت جریان باد، شدت فرسایش بادی را کاهش دهد. در این بین گونه‌های کوتاه قد و با پوشش وسیع‌تر، بیشترین تأثیر خود بر کنترل فرسایش بادی را در وقایع فرسایشی با سرعت پایین دارند. در مقابل، گونه‌های با ارتفاع بلندتر همراه با ارتفاع متوسط، بیشترین تأثیر خود را در وقایع فرسایشی با سرعت‌های بالا دارند. با توجه به این نکته، پیشنهاد می‌شود با در نظر گرفتن فراوانی وقوع بادهای منطقه در مرحله‌ی طراحی و اجرای عملیات بیابان‌زدایی، تأثیر کاشت گونه‌های گیاهی مناسب برای کنترل و کاهش این فرسایش مدیریت و بهینه‌سازی شود. در پایان با توجه به شرایط منطقه‌ی مورد مطالعه، برای افزایش عملکرد عملیات احیای پوشش گیاهی در کنترل و کاهش فرسایش بادی پیشنهاد می‌شود کاشت گیاه تاغ در سایر عرصه‌ها به صورت واکاری انجام شود.

۶- سپاس‌گزاری

این مطالعه بر اساس طرح پژوهشی شماره‌ی ۴۰-۹۷ مصوب معاونت پژوهش و فناوری مجتمع آموزش عالی گناباد انجام شد. بدین وسیله از تأمین اعتبار این طرح توسط این معاونت و از مساعدت و همکاری یگان حفاظت و کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان گناباد تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Ahmadi, H., & M. R. Ekhtesasi., (2000). Survey of effect of gravelly mulch in reduction of wind erosion in Dagh lands clay-salty non-renewable with biological method. *Desert*, 5(2), 1-14. (in Persian)
2. Afrasyabi, S.; Tazeh, M.; Taghizadeh Mehrjardi, R.; Ghanei bafghi, M. J.; & S. Kalantari, 2019. Performance of two measurement methods of pin meter and laser disto meter in the

- measurement of microtopography Created by desert pavement, *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 8(22), 1-14. (in Persian)
3. Akbarian, M., & M. Bineaz., (2011). Evaluation of plant species used in wind erosion control (Case Study Jask city, Hormozgan province). *Environmental Erosion Researches*, 1(2), 29-42. (in Persian)
 4. Al-Dousari, A.; Ramadan, A.; Al-Qattan, A.; Al-Ateeqi, S.; Dashti, H.; Ahmed, M.; Al-Dousari, N.; Al-Hashash, N.; & A. Othman, 2020. Cost and effect of native vegetation change on aeolian sand, dust, microclimate and sustainable energy in Kuwait, *Journal of Taibah University for Science*, 14(1), 628-639.
 5. An, P.; Li, X. G.; Zheng, Y. R.; Eneji, A. E.; Qiman, U.; Zheng, M. Q.; & Sh. B. Inanaga, 2015. Distribution of plant species and species-soil relationship in the east central Gurbantunggut Desert, China, *Journal of Geographical Sciences*, 25(1), 101-112.
 6. Briassoulis, H., 2019. Combating Land Degradation and Desertification: The Land-Use Planning Quandary, *Land*, 8(27), 1-26.
 7. Buckley, R., 1996. Effects of Vegetation on the Transport of Dune Sand, *Annals of arid zone*, 25(3), 215-223.
 8. Ekhtesasi, M. R., 2010. Plants suitable for sand dunes and sand sheets fixation in Iran (Major Psammophytes in Iran), Yazd University Press, 246 p. (in Persian)
 9. Forests, Range and Watershed Management Organization, 2003a. Meteorological Report on Desertification Implementation Plan of Amrani-Nodeh Pashang region of Gonabad, Khorasan Razavi General Office of Natural Resources. (in Persian)
 10. Forests, Range and Watershed Management Organization, 2003b. Soil Report on Desertification Implementation Plan of Amrani-Nodeh Pashang region of Gonabad, Khorasan Razavi General Office of Natural Resources (in Persian).
 11. Forests, Range and Watershed Management Organization, 2003c. Vegetation Report on Desertification Implementation Plan of Amrani-Nodeh Pashang region of Gonabad, Khorasan Razavi General Office of Natural Resources (in Persian).
 12. Fryrear, D. W., 1995. Soil losses by wind erosion, *Soil Science*, 59, 668-672.
 13. Gholami Tabas, J.; Jafare, M.; & H. Azinvand, 2013. Assessing the Implications of Planting Haloxylon aphyllum on the Vegetation and Soil Properties of Stabilized Sandy Desert (Samad Abad, Sarakhs), *Environmental Erosion Researches*, 3(1), 35-44. (in Persian)
 14. Haigh, M., 1977. Use of Erosion Pins in the Study of Slope Evolution, *Technical Bulletin*, 18, 31-49.
 15. He, Z.; Sh, L.; & Y. Harazono, 2007. Wind-Sandy Environment and the effects of Vegetation on Wind Breaking and Dune Fixation in Horqin Sandy Land, China. In Proceedings of Wind Erosion: An International Symposium, Workshop. Manhattan, KS: USDA Agricultural Research Service, *Wind Erosion Laboratory*.
 16. Hudson, N. W., 1993. Field measurement of soil erosion and runoff, *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*.
 17. Hui, C.; Chao, F.; Wanfeng, Zh.; & J. Liu, 2018. Characterizing Sand and Dust Storms (SDS) Intensity in China Based on Meteorological Data, *Sustainability*, 10(7), 2372.
 18. Jafarian, A.; Jafari, M.; & A. Tavili, 2014. Assessment of Haloxylon plantation effects for desert reclamation with emphasis on substratum's soil and vegetation properties in Kale Shoor of Sabzevar region, Iran, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(1), 51-61. (in Persian)
 19. Jafari, M.; Azarnivand, H.; Tavakoli, H.; Zehtabian, Gh. R.; & H. Esmailzadeh, 2004. Investigation on different vegetation effects on sand dunes stabilization and improvement in Kashan, *Pajouhesh & Sazandegi*, 64, 16-21. (in Persian)
 20. Jafari, M.; Tahmoores, M.; & V. J. Ghodoosi, 2013. Biological soil erosion control, University of Tehran Press, 758 p. (in Persian)

21. Javanshir, K.; Dastmalchi, H.; & A. Emarati, 1997. The Ecological Study on Haloxylon, Pennisetum and Tamarix Species in Iran deserts. The Second National Congress Essays on Removing Desert And Different Procedures of Doing It, Research Institute of Forests and Rangelands, Kerman, Iran. (in Persian)
22. Khalili Moghadam, M.; Jamili, T.; Nadian, H.; & E. Shahbazi, 2015. The influence of sugarcane mulch on sand dune stabilization in Khuzestan, the southwest of Iran, *Iran Agricultural Research*, 34(2), 71-80.
23. Lee, E. J.; Piao, D.; Song, Ch.; Kim, J.; Lim, Ch.; Kim, E.; Moon, J.; Kafatos, M.; Lamchin, M.; Jeon, S. W.; & W. Lee, 2019. Assessing environmentally sensitive land to desertification using MEDALUS method in Mongolia, *Forest Science and Technology*, 15(4), 210-220.
24. Li, j.; Zhao, C.; Zhu, H.; Li, Y.; & F. Wang, 2007. Effect of plant species on shrub fertile island at an oasis-desert ecotone in the south Junggar Basin, china, *Journal of Arid Environment*, 71, 350-361.
25. Liao, C.; Liu, B.; Xu, Y.; Li, Y.; H. Li, 2019. Effect of topography and protecting barriers on revegetation of sandy land, Southern Tibetan Plateau, *Scientific Reports*, 9, 6501.
26. Luo, Q.; Zhen, L.; Xiao, Y.; & H. Wang, 2020. The effects of different types of vegetation restoration on wind erosion prevention: a case study in Yanchi, *Environmental Research Letters*, 15, 1-11.
27. Miao, L.; Moore, J. C.; Zeng, F.; Lei, J.; Ding, J.; Hi, B.; & X. Cui, 2015. Footprint of research in desertification management in China, *Land Degradation & Development*, 26(5), 450-457.
28. Moghadam, M. R., 2015. Range and Range Management, 8th ed. University of Tehran press, 470 p. (in Persian)
29. Rashki, N.; Noorikia, Z.; & M. A. Zare Chahuki, 2015. Evalation three species Tamarix aphylla, Haloxylon persicum & Atriplex muculata in establishing wind of Sistan region, *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 2(5), 71-80.
30. Refahi, H., 2012. Wind erosion and its control 6th ed. University of Tehran Press, 320 p. (in Persian)
31. Rende, W.; Guo, Zh.; Chunping, Ch.; Xiao, D.; & J. Hongjun, 2015. Quantitative estimation of farmland soil loss by wind-erosion using improved particle-size distribution comparison method (IPSDC), *Aeolian Research*, 19, 163-170.
32. Reisman-Berman, O.; Keasar, T.; & N. Tel-Zur, 2019. Native and non-native species for dryland afforestation: bridging ecosystem integrity and livelihood support, *Annals of Forest Science*, 76(114), 1-13.
33. Safaie Ghahnavie, A. R.; Babakhani, S.; & H. R. Karimzadej, 2011. Introducing plant species effective in wind erosion control, The Second national conference on wind erosion and dust storms, Yazd University. (in Persian)
34. Stroosnijder, L., 2005. Measurement of erosion: Is it possible?. *Catena*, 64(2-3), 162-173.
35. Vali, A., & F. Roustaei., (2018). Investigation of the Wind Erosion Trend in Central Iran using Dust Storm Index in the Last Fifty Years, *Journal of Water and Soil Science*, 21(4), 189-200.
36. Xie, Yh.; Dang, Xh.; Meng, Zj.; Jiang, Ht.; Li, Xj.; Zhou, Rp.; Zhou, Dd.; Liu, Xx.; Ding, J.; Wu, Xq.; Wang, Yh.; Hai, Cx.; & J. Wang, 2019. Wind and sand control by an oasis protective system: a case from the southeastern edge of the Tengger Desert, China, *Journal of Mountain Science*, 16, 2548-2561.

Evaluating the effect of plant species of *Haloxylon sp*, *Seidlitzia rosmarinus*, *Nitraria schoberi*, *Atriplex canescens* used in non-desertification projects on wind erosion control

Masoud Eshghizadeh¹: Assistant Professor, Agriculture & Natural Resources Department, Faculty of Sciences, University of Gonabad, Gonabad

Mojtaba Mehrabi: MS.c in Watershed Management, Department of Jihad Agriculture in Bejestan County, Bejestan

Mohammad Reza Alaei: Expert in Department of Natural Resources and Watershed Management in Gonabad County, Gonabad

Article History (Received: 2020/04/16

Accepted: 2021/01/27)

Extended abstract

1- Introduction

The most suitable method to reduce wind erosion is to create and increase land cover vegetation. Vegetation increases the surface roughness, which reduces wind speed and the sediment carrying capacity. Therefore, the sediments transported by wind are deposited on the ground and in the vicinity of the vegetation. However, each plant species, according to its characteristics, has a special effect on the reduction and control of wind erosion. Selection of compatible and resistant plant species in dry and desert conditions is necessary for this purpose. But, it is necessary to determine the impact of each vegetation type on it. Therefore, in areas where vegetation has been used to control and reduce wind erosion, it is necessary to determine the impact and role of each type of vegetation on the amount and control of wind erosion to identify the most effective type of cover.

2- Methodology

In this research, the effect of plant species that are used in non-desertification projects has been investigated in the critical area of wind erosion in the Nodeh Pashang region of Gonabad county with an area of 94818 hectares. For this purpose, according to the species type, time of planting, area of planting, amount of canopy, species density, and physical and climatic conditions, six homogeneous areas were selected. These six areas were covered by *Haloxylon sp*, *Seidlitzia rosmarinus*, *Nitraria schoberi*, *Atriplex canescens*, mixed of the species and not covered. The changes in the soil surface profiles were measured by installing 18 erosion pins in two replicates in an area of 100 m² in each area for 81 dust and sand storm events during the 2018 and 2019 years. Also, the events were divided into two groups of dust storms (severe events) and blowing dust events (ordinary events). In the final, the changes in the soil surface profile were investigated in each area and event type. Also, statistical comparisons were made between areas for each event type.

3- Results & Discussion

Base on the results, the area of *Haloxylon sp* had the highest percentage of canopy cover (18.4 %). Also, the mixed species-area had the highest plant density. The results confirmed the effect of vegetation in desert areas in reducing wind erosion. The greatest effect on reducing wind erosion was observed in the areas covered with *Haloxylon sp*, *Seidlitzia rosmarinus*, mixed of the species, *Atriplex canescens*, and *Nitraria schoberi*, respectively. Based on the results, the mean of wind erosion in the uncovered area was 83.6 ton/h; whereas, sedimentation has taken place in the covered areas except for *Nitraria schoberi* area. This difference was also statistically significant at the level of one percent. In the severe events, the mean wind erosion in areas with vegetation cover was 23.4

¹ Corresponding Author: m.eshghizadeh@gonabad.ac.ir

ton/h and in the uncovered area was 118 ton/h. In this type of event, the protective role of *Haloxylon sp* was higher than others, and as a result, erosion and sedimentation values were equal. In the ordinary events, the most protective role was observed in *S.rosmarinus* and *N.schoberi* area with 52 and 37.5 ton/h, respectively. Based on the results, increasing the canopy is an effective measure to control and reduce wind erosion.

One of the main causes for more impact of the *Haloxylon sp* on wind erosion can be for more canopy cover area than other species in the studied area. Because the role of wind erosion control is more related to the percentage of vegetation canopy cover. Also, the results of this study showed that species type could be effective in wind erosion control. Based on the results, the protective effect of different species varies with the event intensity. In the severe events, the protective role of *Haloxylon sp* and mixed of the species was higher than other areas in the studied area; whereas, in the ordinary events, the protective role of *Seidlitzia* and *Nitraria* areas was higher than other areas. These results showed the role of species height in reducing wind erosion.

4- Conclusions

The results showed the best way to control and reduce wind erosion is to create and develop the vegetation in the critical area of wind erosion. The most important reason for this result is to increase the surface roughness due to the vegetation development, which reduces the velocity and sediment carrying capacity of the wind. The results showed that increasing the amount of vegetation canopy increases the control role in wind erosion. However, the control role of plant species in wind erosion is not the same. Therefore, the selection of suitable species to control wind erosion and sediment is required. Among the effective species in controlling wind erosion, the role of *Haloxylon sp* in controlling wind erosion and soil stabilization has been observed more than other resistant species. Furthermore, the control role of one species in wind erosion is not the same on all events. In ordinary events, shorter and broader species on the land surface have a greater impact on wind erosion control. These species reduce the wind velocity near the ground surface and causing the sedimentation of wind sediment; whereas, taller species will have a greater impact on wind erosion control in severe events.

Key Words: Blowing dust, Dust storm, Erosion pin, Vegetation