

بررسی کمیّت، کیفیت و قابلیت فرونشست املاح هوابرد در افزایش شوری خاک سطحی (مطالعه موردی: شمال دشت یزد- اردکان)

علی محمد قائمی نیا^۱، محمدعلی حکیمزاده اردکانی^{۱*}، روح الله تقی زاده مهرجردی^۲ و فرهاد دهقانی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۵)

چکیده

یکی از دلایل شورشدن خاک، تجمع املاح در آن توسط عوامل انتقال دهنده آب و باد است. به منظور بررسی پدیده انتقال املاح به همراه گردوغبار در مناطق خشک شمال دشت یزد- اردکان، نمونه بردای صحرائی با استفاده از ۳۲ رسوب گیر MDCO با پراکندگی یکنواخت در اراضی به وسعت ۲۰۰۰۰ هکتار طی چهار فصل سال ۱۳۹۶ انجام شد. با شست و شوی رسوب گیرها با یک لیتر آب مقطر در صحرا و انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، برای بررسی کمی املاح گرد و غبار، علاوه بر اندازه گیری هدایت الکتریکی (ECw)، وزن کل مواد جامد محلول (TDS) نیز به شیوه دقیق تبخیر اندازه گیری شد، همچنین شکل و توزیع اندازه ذرات غبار با استفاده از دستگاه SEM بررسی شد. در بررسی کیفی املاح، کاتیون ها و آنیون های مؤثر در شوری شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، کلر، بی کربنات و سولفات اندازه گیری شد. نتایج نشان داد در مجموع ۱۱/۱ گرم بر مترمربع مواد قابل حل به همراه ذرات گردوغبار (۱۳/۲۸ درصد) در طی یک سال در رسوب گیرها فرونشسته است. ذرات به قطر ۵ تا ۱۰ میکرون بیشترین فراوانی را داشت. با توجه به همبستگی زیاد آنیون کلر با کاتیون سدیم در فصل های بهار، پاییز و زمستان و با توجه به همبستگی زیاد آنیون سولفات با کاتیون کلسیم در املاح گردوغبار فصل تابستان، به ترتیب سدیم کلراید و گچ فراوان ترین ترکیب موجود به همراه گردوغبار در این فصل ها پیش بینی می شود. با تعیین میزان درصد املاح گردوغبار فصل تابستان، به ترتیب سدیم کلراید و مشخص شد که اثر مقدار نمک فرونشسته از گردوغبار در کوتاه مدت جزئی و بی اهمیت است و پیش بینی می شود با فرض عدم تغییر میزان فرونشست، در طی ۷۲ سال سبب ایجاد شوری ضعیف در توده خاک غیرشور تا عمق ۱۰ سانتی متر شود. به طور کلی قابلیت املاح هوابرد در افزایش شوری خاک در منطقه مورد مطالعه در درازمدت خواهد بود. از این رو، بررسی سایر اثرات زیست محیطی این پدیده برای شناخت خطرات آن پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: گردوغبار شور، بیابان زایی، فرسایش بادی، مناطق خشک

۱. گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲. گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران

۳. مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

*: مسئول مکاتبات: hakim@yazd.ac.ir

مقدمه

بیابان‌زایی است، بررسی نتایج نقش کیفیت آب آبیاری در بیابانی شدن اراضی کشاورزی حاشیه کویر دامغان نشان داد بعد از یک دوره کشت، میزان شوری، املاح محلول خاک و نسبت جذب سدیم افزایش یافته است. همچنین در صورت تداوم وضعیت استفاده از اراضی به همین شکل، به دلیل کاهش هر ساله کیفیت آب به دنبال افزایش شوری و املاح آن، اثرات نامطلوبی بر ویژگی‌های خاک منطقه ایجاد خواهد شد (۱۰).

افزایش میزان هدایت الکتریکی، املاح محلول و به ویژه یون سدیم باعث تخریب ساختمان خاک و ایجاد مشکلاتی در زهکشی اراضی شده و از علل شوری ثانویه خاک‌ها، آبیاری با آب‌های شور، هوازگی اولیه و ثانویه در خاک، کاهش مواد آلی خاک و نوسان سطح سفره آب زیرزمینی است (۱۸). همچنین سفره‌های آب زیرزمینی با کیفیت نه چندان مناسب که در عمق کمی نسبت به سطح زمین واقع شده‌اند و از لحاظ ژئومورفولوژی پست هستند از عوامل شور و قلیا شدن خاک یک منطقه است (۱۹).

علاوه بر این موضوع انتقال نمک توسط باد و شوری ناشی از آن نیز حائز اهمیت است. با بررسی علل شور شدن آب و خاک در دشت گنبد-آلاگل مشخص شد که انتقال رسوبات و نمک موجود در غرب منطقه توسط باد در کنار عواملی مانند تشکیل و تکامل خاک تحت تأثیر پیش‌روی و پس‌روی آب دریای خزر، شیب کم، سنگینی نسبی بافت و زهکشی داخلی ضعیف خاک، طغیان‌های گاه‌وبی‌گاه دو رودخانه اترک و گرگان‌رود و شدت عمل تبخیر به همراه وجود سفره آب سطحی کم عمق با کیفیت نامناسب در حوضه بسته، از علل شوری شدن خاک در منطقه است (۲۷). با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی نمونه‌های گردوغبار شهرهای اصفهان مشخص شد که میزان هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۵ به دلیل حضور نمک‌های محلول در آب زیاد بوده (میانگین ۵/۶ دسی‌زیمنس بر متر) و دلیل احتمالی آن منشأ گرفتن غبار از منطقه‌ای با خاک‌های شور است (۱۴). بررسی گردوغبار رسوب‌یافته بعد از ۹ رخداده طوفان در بیابان ساحلی سودان نشان داد که ۴/۱ تا ۱۴/۶ درصد

یکی از عوامل مؤثر در کاهش توان بیولوژیکی خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی و در نهایت ایجاد شرایط مناسب برای توسعه بیابان، شور شدن خاک است (۸). افزایش املاح، تعادل کاتیون‌ها و آنیون‌ها را در خاک برهم زده و باعث ایجاد اختلال در جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاهان می‌شود. عوامل مختلفی در تجمع املاح و شور شدن خاک‌ها تأثیر داشته است که به طور کلی به دو عامل ذاتی (ژنتیکی و اولیه) و اکتسابی (ثانویه) تقسیم می‌شوند. در شوری ثانویه برخلاف شوری ذاتی که در آن املاح به طور مستقیم از تجزیه و تخریب سنگ‌های اصلی آن حاصل می‌شود، املاح در نتیجه یک یا چند عامل ثانوی (ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی و بیولوژیکی) وارد خاک می‌شود (۲۱). یکی از اثرات اکولوژیکی طوفان‌های گردوغباری شور در کنار ذوب یخچال‌ها و برف، و اختلال در رشد گیاهان، شور شدن خاک است (۱).

در مطالعات مختلفی تجمع املاح در خاک توسط عوامل انتقال‌دهنده آب و باد بررسی شده است. با مطالعه توپوگرافی، نوسانات سطح آب زیرزمینی و نحوه به‌کارگیری آب به بررسی شور شدن ثانویه خاک در منطقه رود دشت اصفهان مشخص شد که در نواحی با توپوگرافی گود، هرگاه امکان زهکشی آب مازاد نباشد، نمک در سطح خاک تجمع می‌یابد. همچنین شور شدن ثانویه خاک در منطقه مورد مطالعه به دلیل استعداد اراضی (بافت سنگین و زهکشی داخلی ضعیف) و نوسانات سطح آب زیرزمینی مربوط به توپوگرافی بوده است که در ماه‌های گرم سال املاح به سطح خاک منتقل شده است و می‌تواند توسط آب آبیاری، آب تراوشی زیرزمینی و یا باد جابه‌جا شود و در سایر نواحی تجمع یابد (۳). بررسی عوامل شوری آب و خاک در منطقه برم دامغان نیز نشان داد که آبیاری با آب شور، رها کردن زمین، شیوه نادرست آبیاری، الگوی کشت نامناسب، شرایط اقلیمی و شکل اراضی از عوامل اصلی شوری خاک در این منطقه است (۲۸).

با توجه به اینکه شور شدن یکی از عوامل مؤثر در روند

جدول ۱. طبقات شوری بر اساس درصد نمک‌های محلول به صورت وزنی در یک عمق مشخص خاک (۱۱)

طبقه	درصد وزنی
ناچیز	کمتر از ۱/۰
ضعیف	۰/۱-۰/۴
متوسط	۰/۴-۰/۶
متوسط قوی	۰/۶-۰/۸
قوی	۰/۸-۱/۰
خیلی قوی	۱/۰-۱/۵
بیش از حد	بیشتر از ۱/۵

احتمالی ذرات معلق هوای شهر تبریز در سال ۹۳-۹۲ مشخص شد که یون‌های سولفات و نیترات عمده‌ترین یون‌های محلول در آب موجود در ذرات بوده است و یون‌های کلسیم و سدیم در مرتبه بعدی قرار دارند (۹). با بررسی اجزای یونی محلول در آب گردوغبار شهر اهواز نیز مشخص شد که ۹/۵ درصد از وزن کل ذرات معلق را این اجزا تشکیل می‌دهد و با اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها معلوم شد که ترکیبات $\text{Ca(NO}_3)_2$ ، CaCl_2 ، K_2SO_4 ، KCl ، $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، NaCl و CaSO_4 ممکن است در آنها وجود داشته باشد (۲۶).

علاوه بر خطر سلامت افراد ناشی از وجود ذرات گردوغبار در هوا، رسوب نمک برداشت شده به همراه آن می‌تواند تولید محصولات زراعی را مختل کند. وزش گردوغبار و نمک می‌تواند برگ‌های درختان را بپوشاند و روزه‌ها را مسدود و فتوسنتز و تنفس گیاه را مختل کند (۵). ورود املاح به خاک می‌تواند سبب افزایش درصد نمک‌های محلول به وزن خشک کل خاک شود و افزایش طبقه شوری خاک را به دنبال داشته باشد (جدول ۱).

با توجه به رواج پدیده ریزگردها در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بررسی جوانب مختلف از این پدیده حائز اهمیت است. عدم شناخت اثر گردوغبار بر مناطق منجر به افزایش خسارت از این پدیده خواهد شد. ریزگردهای حاوی املاح قابل حل در آب، برداشت شده از اراضی شور و سطوح پلاپایی منجر به انتقال نمک به سایر نواحی می‌شود (۲۷). بنابراین به منظور بررسی دقیق این پدیده، اقدام به اندازه‌گیری صحرایی میزان املاح در گردوغبار ورودی به اراضی جنوب پلاپایی سیاه‌کوه واقع در شمال دشت یزد- اردکان که دربرگیرنده اراضی کشاورزی و باغ‌های پسته که از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت هستند، شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش، در محدوده اراضی حاشیه کویر سیاه‌کوه به

وزنی گردوغبار (با میانگین ۸/۵ درصد) را بخش قابل حل در آب تشکیل می‌دهد. همچنین کانی‌شناسی مواد قابل حل از طریق XRD نشان داد که هالیت کانی اصلی در نمونه‌هاست (۲۲). همچنین بررسی میزان و روند ۲۶ عنصر در غبار ریزشی جمع‌آوری شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک شمال چین معلوم شد که تغییرات زمانی و مکانی میزان عناصر معنی‌دار بوده است و میزان بیشتر عناصر در فصل بهار که فصلی با زیاده‌ترین فراوانی طوفان گردوغبار در منطقه است، در بیشینه خود قرار داشت (۲۵).

در حدود ۵۱۰۰۰ کیلومترمربع از بستر دریاچه آرال از سال ۱۹۶۰ میلادی در معرض باد قرار گرفته است که منجر به طوفان‌های نمک و گردوغبار عظیم شده است که ناحیه وسیعی را دچار ساخت و به میزان ۶۱۸ تن بر هکتار در سال گردوغبار سمّی و نمک روی اراضی در مسیر باد رسوب می‌کند (۱۶). بررسی میزان فرونشست املاح به همراه گردوغبار در ناحیه دریاچه اینور در شمال غرب کشور چین نشان داد مقدار فرونشست املاح به میزان ۱۴ تا ۲۷ گرم بر مترمربع بر سال است و بیشینه مقدار ثبت شده به ۷۷ گرم بر مترمربع بر سال رسیده است (۲). شناخت یون‌های قابل حل در گردوغبار به ایجاد تقسیم‌بندی منشأ، بررسی اثرات احتمالی بهداشتی طوفان‌های گردوغبار و ارتقای راهبردهای کنترل آلودگی کمک خواهد کرد (۲۴). در بررسی محتوای یونی و منابع انتشار

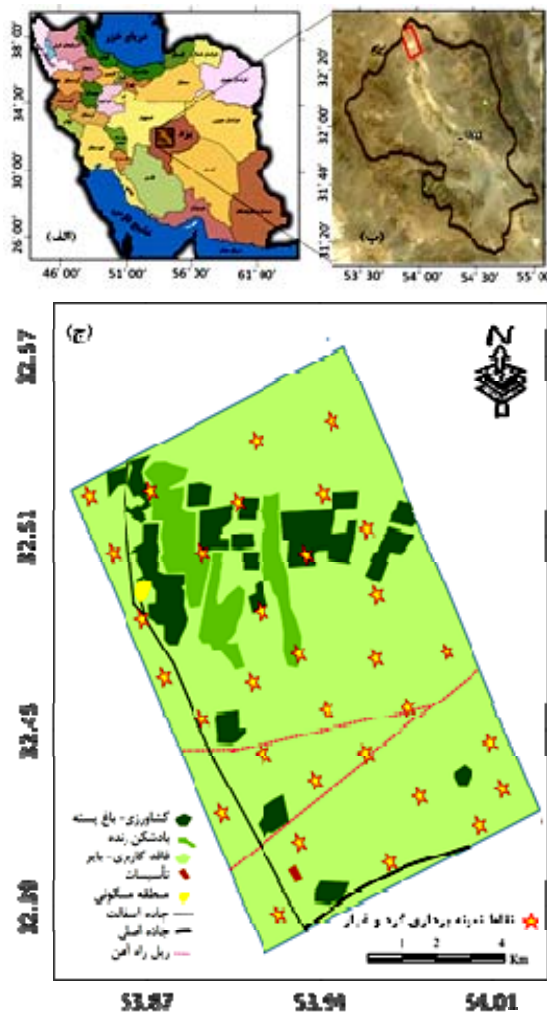
مهمی در اقتصاد منطقه ایفا می‌کند.

اراضی مورد مطالعه در انتهای حوضه آبخیز دشت یزد- اردکان در دشت سر پوشیده واقع و میانگین ارتفاع از سطح دریا ۹۸۸/۵ متر است. رژیم حرارتی و رطوبتی خاک منطقه به ترتیب هایپرترمیک و اردیک (توریک) است و از لحاظ رده‌بندی آمریکایی در رده انتی‌سول و زیر رده اورنتت قرار دارد (۱۳). میانگین تبخیر و تعرق مرجع، دما و بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه بر اساس ایستگاه سینوپتیک اردکان در بازه زمانی ۱۰ ساله، به ترتیب برابر ۳۴۸۳ میلی‌متر، ۱۸/۵ درجه سیلسیوس و ۷۵ میلی‌متر است. کلیه جریان‌های سطحی، زیرقشری و زیرزمینی در نهایت به این منطقه سرازیر و در آخر به پلایای سیاه‌کوه وارد می‌شود. طبقه‌بندی اقلیمی چاه‌افضل بر اساس دو روش آمبرژه و دومارتن به ترتیب خشک سرد و خشک است و با تعیین ضریب خشکی بر اساس روش گوسن تمامی ماه‌ها به‌جز بهمن‌ماه از نظر بیولوژیکی خشک است. گلباد ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای میبد در جنوب و عقدا در غرب منطقه متعلق به سال ۱۳۹۶ که به ترتیب در فواصل ۲۵ و ۲۹ کیلومتری از مرکز منطقه مورد مطالعه قرار دارند، تغییرات جهت باد را در فصول مختلف نشان می‌دهد (شکل ۲) (۱۵).

با توجه به نقشه شاخص آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان مربوط به سال ۱۳۹۰، شدت خشکسالی هیدروژئولوژیکی در شمال دشت زیاد بوده که ناشی از تجمع جمعیت، تمرکز مراکز صنعتی و برداشت بیش از حد آب از آبخوان دشت یزد- اردکان است (۱۲).

نمونه‌برداری صحرائی

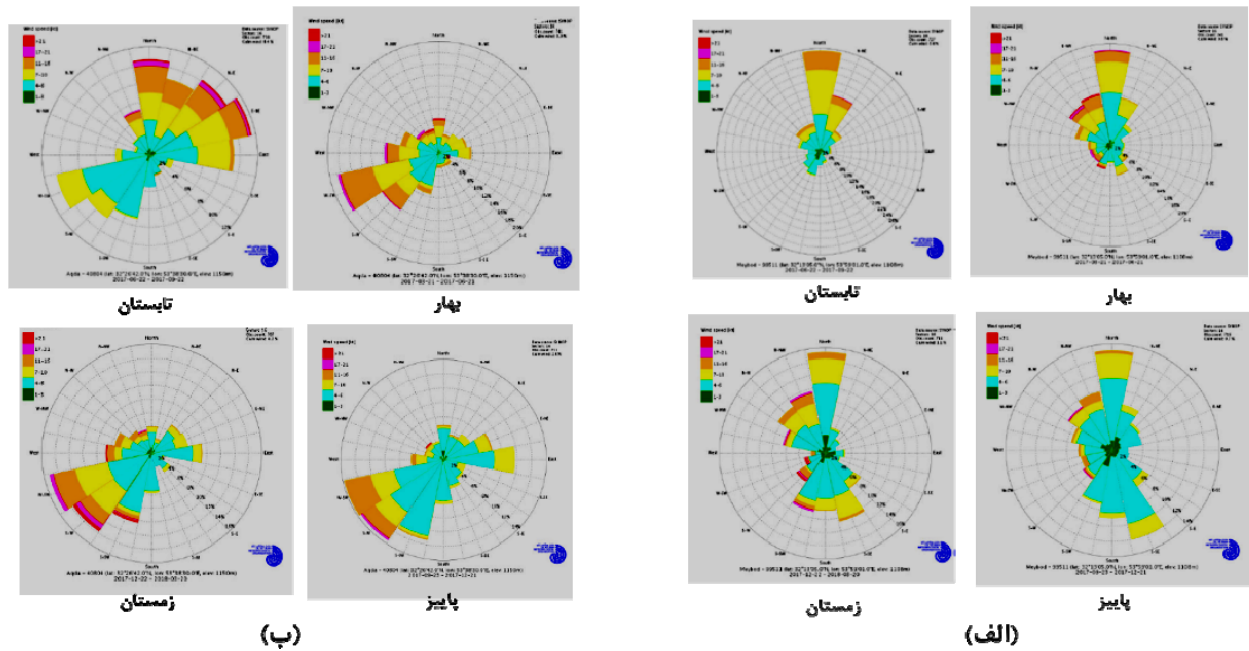
به‌منظور بررسی میزان ترسیب نمک در منطقه مطالعاتی، اقدام به ساخت و نصب رسوب‌گیرهای از نوع (Marble Dust Collector) MDCO با قطر ۲۲ سانتی‌متر (مساحت ۳۸۰ سانتی‌مترمربع) در منطقه مورد مطالعه شد (شکل ۳). لازم به‌ذکر است به‌منظور حفظ امنیت و عدم جلب توجه افراد به رسوب‌گیرها در فضای باز منطقه، به‌جای تپله از سنگ‌ریزه‌های با ابعاد مشابه و کاملاً تمیز که پیش از نصب با آب مقطر شسته شده بود، استفاده شد.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه در: الف) کشور ایران، ب) دشت یزد- اردکان (برگرفته از منبع ۶) و ج) نقاط نمونه‌برداری گردوغبار روی نقشه کاربری اراضی منطقه

مرکزیت روستای چاه‌افضل، با مختصات جغرافیایی $53^{\circ}50'30''$ تا $54^{\circ}01'35''$ طول شرقی و $32^{\circ}22'45''$ تا $32^{\circ}34'50''$ عرض شمالی که دارای مشکلات شوری منابع آب و خاک است، انجام شد (شکل ۱).

وقوع خشکسالی در سال‌های اخیر باعث خشک شدن و در معرض وزش باد قرار گرفتن سطح بیشتری از پلایای سیاه‌کوه واقع در شمال منطقه مورد مطالعه شده و احتمال برداشت رسوبات تبخیری آن را که عمدتاً از نوع کلرورسدیم (۱۷) است به‌دنبال دارد. در جنوب پلایا باغ‌های پسته وجود دارد و نقش



شکل ۲. گلباد ایستگاه‌های هواشناسی منطقه: الف) مید و ب) عقدا



شکل ۳. تله رسوب گیر نصب شده در یک باغ پسته واقع در منطقه مورد مطالعه

عبور داده شدند. همچنین ذرات گردوغبار آبخوبی شده برای هر ۱۲۸ نمونه پس از خشک شدن، توزین شد.

مقدار رسوب در واحد سطح

با توجه به استفاده از رسوب‌گیرهای با قطر ۲۲ سانتی‌متر در صحرا، با استفاده از رابطه (۱) مقدار نمک رسوب‌یافته در واحد مترمربع به‌دست آمد.

$$S = \frac{m}{380} \times 10^4 \quad (1)$$

که در آن، S مقدار نمک با واحد گرم بر مترمربع، m وزن کل مواد محلول در رسوب‌گیر به گرم و عدد ۳۸۰ مساحت رسوب‌گیرهای مورد استفاده است (۱).

محل نصب رسوب‌گیرها در منطقه مورد مطالعه به‌وسعت ۲۰۰۰۰ هکتار، به روش تصادفی-سیستماتیک و با توجه به ویژگی‌های زمین انتخاب شد (شکل ۱).

با توجه به نتایج حاصل از واریوگرام نقشه پراکنش گردوغبار (۷) که نشان داد نمونه‌برداری غبار ریزشی با فواصل ۲/۹×۲/۹ کیلومترمربع دارای نتایج قابل قبولی است، نمونه‌برداری در فواصل کمتر و در شبکه ۲/۵×۲/۵ کیلومترمربع در ارتفاع یک متری از سطح زمین با استفاده از ۳۲ رسوب‌گیر انجام شد. نمونه‌برداری در انتهای چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان با جمع‌آوری غبارها از طریق شست‌وشوی رسوب‌گیرها با یک لیتر آب مقطر، انجام و پس از انتقال به آزمایشگاه، از کاغذ صافی

بررسی فیزیکی و شیمیایی رسوبات

از لحاظ رسوب گردوغبار هستند و در مجموع در طی یک سال ۹۸/۷۶ گرم بر مترمربع گردوغبار روی اراضی منطقه فرونشسته است.

بررسی تغییرات فصلی درصد شوری گردوغبار به مدت یک سال در منطقه نشان داد که این مقدار از ۲۰/۲۸ درصد در فصل تابستان تا ۸/۰۳ درصد در فصل زمستان متغیر است و فصل‌های پاییز (۱۵/۴۳ درصد) و بهار (۹/۳۶ درصد) در این بین قرار دارند. با وجود بیشتر بودن میزان درصد شوری گردوغبار فرونشسته در فصل تابستان، با توجه به اینکه فعالیت گردوغبار در این فصل کمتر از سایر فصل‌ها بوده است، میزان رسوب نمک در واحد سطح در این فصل کمتر بوده (۲/۴۱ گرم بر مترمربع) و بیشترین مقدار متعلق به فصل بهار به میزان ۳/۹۱ گرم بر مترمربع است. فصل‌های پاییز و زمستان نیز به ترتیب دارای فرونشست املاح به میزان ۲/۵۱ گرم بر مترمربع و ۲/۳۱ گرم بر مترمربع هستند. در مجموع در طی یک سال مقدار املاح فرونشسته به همراه گردوغبار ۱۱/۱۵ گرم بر مترمربع معادل ۰/۱۱ تن بر هکتار به دست آمد.

ترکیب یونی املاح هوابرد

نتایج حاصل از بررسی شیمیایی املاح موجود به همراه گردوغبار در فصل‌های مختلف نشان داد که غلظت یون‌ها در آنها با یکدیگر متفاوت است. در فصل بهار یون‌های سولفات، کلر و سدیم به ترتیب یون‌های غالب هستند و ترتیب فراوانی نسبی کاتیون‌ها: سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم و آنیون‌ها: سولفات، کلر و بی‌کربنات است (شکل ۴-الف). در فصل تابستان یون‌های سولفات، کلر، کلسیم و سدیم به ترتیب یون‌های غالب هستند و ترتیب فراوانی نسبی کاتیون‌ها: کلسیم، سدیم، منیزیم و پتاسیم و برای آنیون‌ها: کلر، سولفات و بی‌کربنات است (شکل ۴-ب). در فصل پاییز یون‌های سولفات، کلر، کلسیم و بی‌کربنات به ترتیب یون‌های غالب هستند و ترتیب فراوانی نسبی کاتیون‌ها به صورت فصل تابستان و آنیون‌ها همانند فصل بهار است (شکل ۴-ج). همچنین

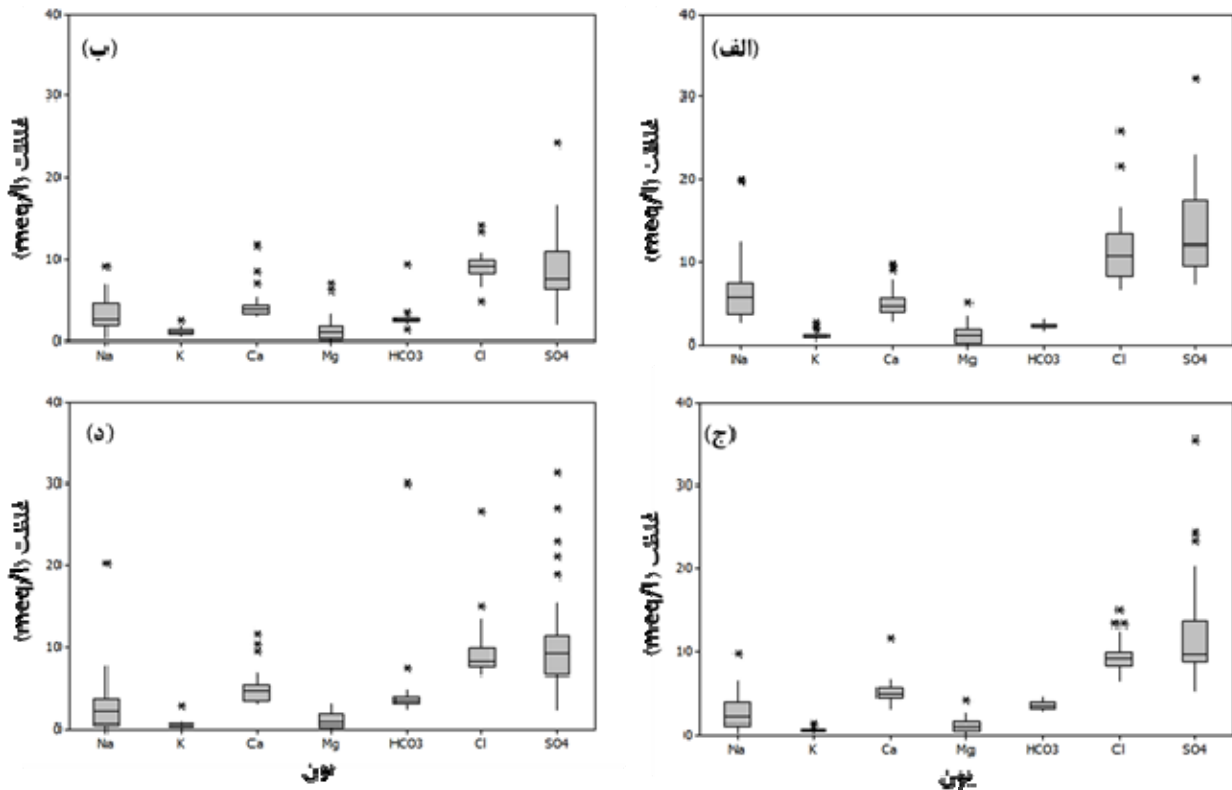
اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب (Water Electrical Conductivity, ECw) آبشویی رسوب‌گیرها با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (Jenway, 3410) و اسنچی شده با پتاسیم کلراید ۰/۰۱ مولار انجام شد. با قراردادن نمونه‌های آب در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد طی چند روز اندازه‌گیری دقیق کل مواد جامد محلول (TDS, Total Dissolved Solids) به روش تبخیر انجام و وزن آنها با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی تجزیه‌ای (Acculab ALC-210.4) اندازه‌گیری شد. همچنین میزان درصد شوری گردوغبار (Dust Salinity) از نسبت وزن املاح به وزن کل گردوغبار محاسبه شد.

در بررسی کیفی املاح، میزان یون‌های سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway, PFP7)، کلسیم (Ca^{++}) و منیزیم (Mg^{++}) به روش تیتراسیون با EDTA، کلر (Cl^-) با تیتراسیون با نیترات نقره، بی‌کربنات (HCO_3^-) به شیوه تیتراسیون با اسید سولفوریک و یون سولفات (SO_4^-) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Jenway, 6300) در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای نشان دادن میزان غلظت املاح و محاسبه معنی‌داری رابطه همبستگی بین آنها طبق روش غلامپور و همکاران (۹) از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده شد. همچنین به منظور بررسی شکل و توزیع اندازه ذرات گردوغبار فرونشسته در رسوب‌گیرها از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM, Scanning Electron Microscope) (Tescan, VEGA3) استفاده شد.

نتایج

مقدار فرونشست املاح

نتایج حاصل از بررسی میزان گردوغبار فرونشسته در تله‌های رسوب‌گیر در انتهای چهار فصل نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، فصل‌های بهار، زمستان، پاییز و تابستان به ترتیب با مقدار ۴۱/۷۶ گرم بر مترمربع، ۲۸/۸۳ گرم بر مترمربع، ۱۶/۲۶ گرم بر مترمربع و ۱۱/۹۰ گرم بر مترمربع دارای بیشترین فعالیت



شکل ۴. نمودار جعبه‌ای مقایسه غلظت یون‌های مورد بررسی در آب آبیوی گردوغبار در فصل‌های:

الف) بهار، ب) تابستان، ج) پاییز و د) زمستان

شامل NaCl ، CaCl_2 ، MgCl_2 و Na_2SO_4 است (جدول ۲). ضرایب همبستگی در فصل پاییز بین میزان ECw با مقدار یون‌های مورد بررسی نشان داد که بیشترین همبستگی با یون سدیم وجود دارد و با توجه به همبستگی زیاد آنیون کلر با کاتیون سدیم پیش‌بینی می‌شود سدیم کلراید فراوان‌ترین ترکیب موجود در املاح همراه گردوغبار در منطقه باشد و سایر ترکیبات یونی املاح شامل CaCl_2 ، K_2CO_3 است (جدول ۲). در فصل زمستان نیز ضرایب همبستگی بین میزان ECw با مقدار یون‌های مورد بررسی بیشترین همبستگی را با یون سدیم نشان داد. با توجه به همبستگی زیاد آنیون کلر با کاتیون سدیم پیش‌بینی می‌شود سدیم کلراید فراوان‌ترین ترکیب موجود در املاح همراه گردوغبار در منطقه باشد. همچنین سایر ترکیبات یونی املاح شامل CaCO_3 ، MgSO_4 ، $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، Na_2SO_4 ، K_2CO_3 و MgCl_2 است (جدول ۲).

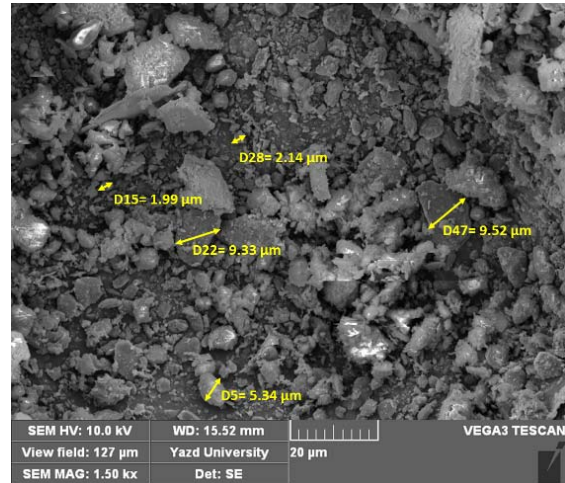
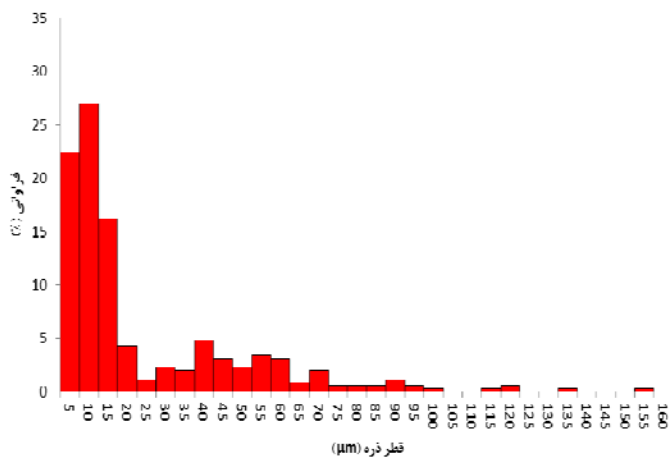
ترتیب یون‌های غالب در فصل زمستان همانند فصل پاییز است و ترتیب فراوانی نسبی کاتیون‌ها همانند تابستان و پاییز و آنیون‌ها به صورت فصل بهار است (شکل ۴-د).

بررسی ضرایب همبستگی در فصل بهار بین میزان ECw با مقدار یون‌های مورد بررسی نشان داد که بیشترین همبستگی با یون سولفات وجود دارد. با توجه به همبستگی زیاد آنیون کلر با کاتیون سدیم پیش‌بینی می‌شود سدیم کلراید فراوان‌ترین ترکیب موجود در املاح همراه گردوغبار در منطقه باشد. همچنین سایر ترکیبات یونی املاح شامل CaCl_2 ، CaCO_3 ، MgSO_4 است (جدول ۲). در فصل تابستان ضرایب همبستگی بین میزان ECw با مقدار یون‌های مورد بررسی بیشترین همبستگی را با یون سولفات نشان داد. با توجه به همبستگی زیاد آنیون سولفات با کاتیون کلسیم پیش‌بینی می‌شود گچ $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ فراوان‌ترین ترکیب موجود در املاح همراه گردوغبار در این فصل باشد. همچنین سایر ترکیبات یونی املاح

جدول ۲. ماتریس همبستگی (r) بین EC_w TDS و آنیون‌ها و کاتیون‌های املاح موجود در گردوغبار در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان

فصل	EC _w	Na ⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻
بهار	۱							
	۰/۱۹	۱						
	۰/۶۵*	۰/۶۷*	۱					
	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۰	۱				
	۰/۶۹*	۰/۲۰	۰/۳۶**	۰/۰۷	۱			
	۰/۲۹	۰/۹۴*	۰/۷۳*	۰/۱۳	۰/۳۱	۱		
	-۰/۰۴	۰/۳۰	۰/۶۷*	۰/۳۴	۰/۰۶	۰/۲	۱	
	۰/۹۴*	-۰/۰۱	۰/۴۸	۰/۲۱	۰/۶۲*	۰/۰۸	-۰/۱۱	۱
تابستان	۱							
	۰/۷۳*	۱						
	۰/۸۲*	۰/۳۲	۱					
	۰/۰۷	۰/۱۷	-۰/۰۹	۱				
	۰/۶۱*	۰/۶۵*	۰/۳۵	۰/۱۸	۱			
	۰/۶۴*	۰/۶۹*	۰/۳۵**	-۰/۰۳	۰/۶۶*	۱		
	۰/۰۱	۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۶۶*	۰/۱۰	-۰/۰۵	۱	
	۰/۸۴*	۰/۴۸*	۰/۷۹*	-۰/۰۴	۰/۳۵	۰/۵۱*	-۰/۲۲	۱
پاییز	۱							
	۰/۸۶*	۱						
	۰/۸۲*	۰/۴۸*	۱					
	۰/۰۴	-۰/۰۱	۰/۰۸	۱				
	۰/۵۸*	۰/۵۰*	۰/۳۸**	-۰/۰۸	۱			
	۰/۷۹*	۰/۸۷*	۰/۴۶*	۰/۱۶	۰/۳۳	۱		
	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۶۹*	۰/۱۲	۰/۰۲	۱	
	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۹	-۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۵	۱
زمستان	۱							
	۰/۸۹*	۱						
	۰/۷۳*	۰/۳۷**	۱					
	۰/۴۴**	۰/۱۶	۰/۶۴*	۱				
	۰/۴۹*	۰/۴۰**	۰/۳۸**	۰/۴۸*	۱			
	۰/۸۷*	۰/۹۶*	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۳۵**	۱		
	۰/۳۴	۰/۰۸	۰/۵۷*	۰/۹۶*	۰/۴۲**	۰/۰۷	۱	
	۰/۵۱*	۰/۴۷*	۰/۴۱**	-۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۴۶*	-۰/۲۴	۱

*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و **: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بر اساس مقادیر P-value



شکل ۵. شکل ذرات گردوغبار و نمودار درصد فراوانی اندازه ذرات رسوب یافته در رسوب گیرها

جدول ۳. قابلیت املاح فرونشسته به همراه گردوغبار در ایجاد شوری اعماق مختلف خاک به وسعت یک هکتار در طی یک سال

عمق (cm)	چگالی ظاهری* (gr/cm ³)	وزن خاک (ton/ha)	وزن املاح ورودی (ton/ha)	نمک محلول (%)	طبقه شوری
۰-۱	۱/۴۳	۱۴۳/۲	۰/۱۱	۰/۰۷۷	ناچیز
۰-۲	۱/۴۳	۴۳۰/۱	۰/۱۱	۰/۰۲۵	ناچیز
۰-۳	۱/۴۳	۸۶۱/۲	۰/۱۱	۰/۰۱۲	ناچیز
۰-۴	۱/۴۳	۱۴۳۶/۹	۰/۱۱	۰/۰۰۷	ناچیز
۰-۵	۱/۴۴	۲۱۵۷/۶	۰/۱۱	۰/۰۰۵	ناچیز
۰-۶	۱/۴۴	۳۰۲۳/۹	۰/۱۱	۰/۰۰۳	ناچیز
۰-۷	۱/۴۴	۴۰۳۶/۲	۰/۱۱	۰/۰۰۲	ناچیز
۰-۸	۱/۴۴	۵۱۹۴/۹	۰/۱۱	۰/۰۰۲	ناچیز
۰-۹	۱/۴۵	۶۵۰۰/۵	۰/۱۱	۰/۰۰۲	ناچیز
۰-۱۰	۱/۴۵	۷۹۵۳/۵	۰/۱۱	۰/۰۰۱	ناچیز

*: مقادیر چگالی ظاهری خاک منطقه برگرفته از رحیمیان و همکاران (۲۰)

توزیع اندازه ذرات گرد و غبار

نتایج حاصل از مشاهده ذرات گردوغبار با استفاده از تصویر SEM نشان داد که ذرات دارای اشکال پیچیده و متفاوتی هستند (شکل ۵). همچنین با اندازه گیری قطر تعداد ۱۰۰ ذره روی تصویر مشخص شد که ذرات به اندازه قطر دو میکرون بیشترین فراوانی اندازه ذرات را دارد و بیش از ۷۰ درصد از اندازه قطر ذرات در محدوده ۵ تا ۱۰ میکرون قرار دارد.

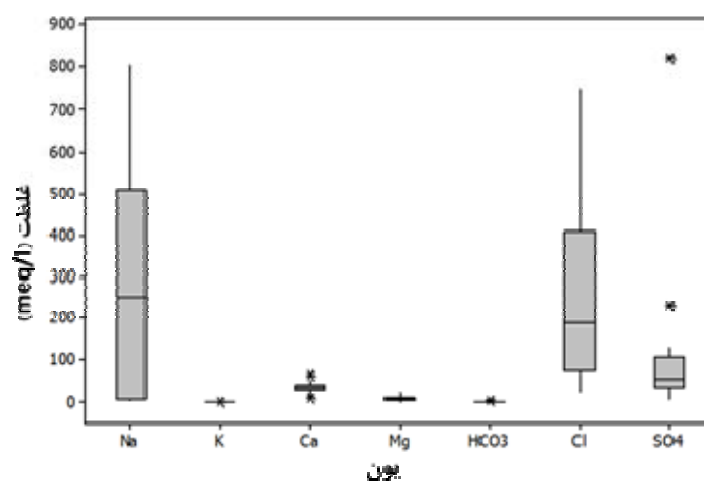
قابلیت شور شدن خاک توسط گرد و غبار

بررسی میزان املاح فرونشسته به همراه گردوغبار روی سطح خاک در منطقه نشان داد که این مقدار املاح قابلیت افزایش میزان شوری در سطح خاک را نداشته و طبقه شوری خاک در طی یک سال تغییر نخواهد کرد (جدول ۳). همچنین با افزایش عمق خاک و کاهش درصد نمک محلول در خاک این قابلیت بیش از پیش کاهش یافته و افزایش شوری توسط گردوغبار، بدون اهمیت و ناچیز است.

جدول ۴. ماتریس همبستگی (r) بین ECw و آنیون‌ها و کاتیون‌های املاح موجود خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ⁺⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	ECw _{۰-۳۰}	
							۱	ECw _{۰-۳۰}
						۱	۰/۹۹*	Na ⁺
					۱	۰/۶۶*	۰/۷۰*	Ca ⁺⁺
				۱	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۹	K ⁺
			۱	۰/۲۳	-۰/۰۹	-۰/۰۳	-۰/۰۵	Mg ⁺⁺
		۱	-۰/۲۱	۰/۰۱	۰/۷۳*	۰/۹۳*	۰/۹۶*	Cl ⁻
	۱	۰/۰۵	۰/۴۸*	۰/۳۰	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۱۹	HCO ₃ ⁻
۱	۰/۵۵**	۰/۲۱	۰/۴۵*	۰/۲۷	۰/۰۷	۰/۵۱*	۰/۴۳**	SO ₄ ⁻

*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و **: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بر اساس مقادیر P-value



شکل ۶. نمودار جعبه‌ای مقایسه غلظت یون‌های مورد بررسی در خاک عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

نتیجه‌گیری

افزایش میزان شوری و املاح خاک اثرات مخربی بر ویژگی‌های خاک داشته است و در بیابان‌زایی اراضی نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. علاوه بر روش‌های مورد بررسی توسط پژوهشگران مانند استعداد اراضی، بافت سنگین و زهکشی داخلی ضعیف و نیز نوسانات سطح آب زیرزمینی مربوط به توپوگرافی، آبیاری با آب شور، رها کردن زمین، شیوه نادرست آبیاری، الگوی کشت نامناسب، شرایط اقلیمی و شکل اراضی، کاهش مداوم کیفیت آب آبیاری به دنبال افزایش شوری و املاح، هوازدهی اولیه و ثانویه در خاک، کاهش مواد آلی خاک و نوسان سطح سفره آب

ترکیب یونی خاک منطقه مورد مطالعه

جدول (۴) ماتریس همبستگی بین ECw و آنیون‌ها و کاتیون‌های املاح موجود در خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر منطقه را نشان می‌دهد. یون‌های سدیم و کلر بیشترین ارتباط همبستگی را با یکدیگر دارند. همچنین بیشترین فراوانی متعلق به این دو یون است (شکل ۶). یون‌های سدیم و کلر با دارا بودن بیشترین همبستگی با هدایت الکتریکی دارای زیادترین تأثیر در شوری هستند و با توجه به مقادیر روابط همبستگی، وجود املاح NaCl، CaCl₂، Na₂SO₄ و MgSO₄ پیش‌بینی می‌شود.

املاح در این فصل را به دنبال داشته است، هرچند مقدار شوری گردوغبار در این فصل نسبت به سایر فصول بیشتر بوده است که با نتایج شاهسونی و همکاران (۲۳) در بیشتر بودن محتوای آنیون‌ها و کاتیون‌های به همراه ذرات معلق در فصل تابستان و زمستان در شهر اهواز هماهنگی دارد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان املاح محلول در گردوغبار منطقه در طی یک سال نشان داد در فصل بهار ۹/۳۶ درصد و در فصل تابستان ۲۰/۲۸ درصد از کل مواد فرونشسته را املاح تشکیل داده و به‌طور میانگین ۱۳/۲۸ درصد از گردوغبار را در طی یک سال دربر گرفته است. این نتایج همچنین به نتایج اردینگر و همکاران (۶) و عبدوایلی و همکاران (۲) در اندازه‌گیری میزان نمک‌های قابل حل به همراه گردوغبار در منطقه دریاچه ابینور در کشور چین به میزان ۱۰ تا ۲۵ درصد و شرودر (۲۵) در بیابان ساحلی سودان به میزان ۴/۱ تا ۱۴/۶ درصد با میانگین ۸/۵ درصد، نزدیک است.

با توجه به نتایج اندازه‌گیری قطر ذرات رسوب‌یافته در رسوب‌گیرها (شکل ۵)، احتمال می‌رود با تعلیق طولانی مدتی که این ذرات در هوا دارند، فاصله میان نقطه برداشت و فرونشست آنها زیاد باشد، از این رو بررسی میزان فرونشست املاح به همراه گردوغبار در سایر نواحی نیز می‌تواند در شناسایی این پدیده مفید باشد.

با توجه به نظر محمودی و خادمی (۱۴) مبنی بر اینکه منشأ گرفتن گردوغبار از منطقه‌ای شور سبب افزایش احتمال بارگیری باد از ذرات املاح می‌شود، خشک‌شدن و در معرض باد قرار گرفتن سطح بیشتری از اراضی شور کویر سیاه‌کوه واقع در شمال منطقه به دلیل وقوع پدیده خشکسالی می‌تواند یکی از منشأهای احتمالی فرونشست املاح در منطقه مورد مطالعه باشد، اگرچه برداشت املاح به همراه گردوغبار از سطح خاک داخل منطقه مطالعاتی نیز می‌تواند یکی از منابع افزایش‌دهنده املاح به همراه گردوغبار در رسوب‌گیرها باشد به نحوی که تا قبل از اینکه ارتفاع زیاد بگیرند فرونشست برای آنها رخ داده است. ترکیب یونی املاح گردوغبار در چهار فصل مورد بررسی

زیرزمینی و سفره‌های آب زیرزمینی با کیفیت نه چندان مناسب در عمق کم نسبت به سطح زمین و از لحاظ ژئومورفولوژی پست، گردوغبار حاوی نمک برداشت شده از اراضی شور نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌های انتقال املاح به خاک و ایجاد شوری بررسی شود. با بررسی دقیق این پدیده در منطقه شمال دشت یزد- اردکان واقع در جنوب پلاهای سیاه‌کوه مشخص شد که درصدی از ذرات گردوغبار را املاح محلول تشکیل داده و املاح می‌توانند توسط باد جابه‌جا شوند که مطابق با یافته‌های اخوان قالیباف و همکاران (۳)، زهتاییان و سربایان (۲۷)، شرودر (۲۲) و محمودی و خادمی (۱۴) است.

با توجه به اینکه املاح موجود در گردوغبار از منطقه‌ای با خاک‌های شور منشأ می‌گیرند و همچنین طبق شکل (۶) و جدول (۳)، نوع نمک خاک منطقه سدیم کلراید بوده و هماهنگ با نظر زهتاییان (۲۶) و مبین (۱۷) است، ترکیب املاح محلول گردوغبار در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان در منطقه با خاک منطقه دارای مطابقت بود هرچند عمده ترکیب املاح فصل تابستان با ترکیب اصلی خاک مغایرت داشت. این یافته‌ها با نتایج شرودر (۲۲) در کانی‌شناسی مواد قابل حل گردوغبار که کانی اصلی در آنها هالیت شناخته شده است، مشابهت دارد. البته شناسایی املاح مورد بررسی از طریق آنالیز XRD نتایج دقیق کانی‌شناسی را به دنبال خواهد داشت. با توجه به قطر ذرات گردوغبار اندازه‌گیری شده (شکل ۵)، بارگیری ذرات از نواحی خیلی دورتر و فرونشست در منطقه مطالعاتی نیز محتمل است.

با توجه به نتایج حاصل از بررسی میزان فرونشست گردوغبار مشخص شد که میزان گردوغبار در فصول مختلف متفاوت است. زیادترین فراوانی فرونشست گردوغبار در فصل بهار رخ داده است که بر اساس بررسی وانگ و همکاران (۲۵) در مناطق خشک شمال چین که علت آن را بیشتر بودن وقوع طوفان‌های گردوغبار در این فصل دانسته‌اند، مطابقت دارد. کمتر بودن میزان فرونشست گردوغبار در فصل تابستان نسبت به سایر فصول در منطقه نیز به همین دلیل بوده و کاهش فرونشست

های خاص آن در مطالعات آتی می تواند مدنظر قرار گیرد. در نهایت می توان به این نتیجه دست یافت که با این مقدار ورود املاح به توده خاک در طی یک سال شوری خاک منطقه افزایش قابل توجهی نیافته و اثر آن جزئی و بی اهمیت است (جدول ۲). با فرض عدم کاهش یا افزایش میزان فرونشست املاح در سال های آینده، پیش بینی می شود این میزان املاح به همراه گردوغبار قابلیت ایجاد شوری ضعیف (بیش از ۱/۰ درصد وزنی نمک محلول) توده خاک غیرشور به عمق ۱۰ سانتی متری را طی ۷۲ سال داشته باشد و تجمع املاح در خاک برای تبدیل آن به شوری قوی (بیش از ۸/۰ درصد وزنی نمک محلول) ۵۷۰ سال زمان خواهد برد. به طور کلی اثرات املاح هوا برد در افزایش طبقه شوری خاک های دارای مشکل شوری منطقه درازمدت است و پایش چندین ساله فرونشست املاح از این طریق برای به دست آوردن پیش بینی با قطعیت بیشتر، ضروری است، همچنین بررسی سایر اثرات زیست محیطی این پدیده برای شناخت خطرات آن پیشنهاد می شود.

(شکل ۴) ضمن وجود برخی شباهت ها با یکدیگر و همچنین خاک سطحی منطقه (شکل ۶)، تفاوت هایی نیز داشت که حاکی از تغییر منابع برداشت املاح رسوب یافته در منطقه با توجه به تغییر گلباد در فصول مختلف (شکل ۲) و شرایط جوی است. با توجه به همبستگی زیاد آنیون کلر با کاتیون سدیم در فصل های بهار، پاییز و زمستان پیش بینی می شود سدیم کلراید فراوان ترین ترکیب موجود در املاح همراه گردوغبار در این فصول باشد که منطبق با ترکیب اصلی خاک منطقه است. البته با توجه به همبستگی زیاد آنیون سولفات با کاتیون کلسیم در املاح گردوغبار فصل تابستان پیش بینی می شود گچ فراوان ترین ترکیب موجود در املاح همراه گردوغبار در این فصل باشد. با توجه به تبخیری بودن دو کانی هالیت و ژینس، منشأ تالاب ها و دریاچه های خشک شده با توجه به نظر درویشی خاتونی و همکاران (۴) برای آنها متصور است که منطبق بر سطوح پلایایی خشک و تبخیری منطقه مورد مطالعه است. با این حال، بررسی و مطالعه منشأ دقیق گردوغبار رسوب یافته در منطقه از طریق روش

منابع مورد استفاده

1. Abuduwaali, J., D. W. Liu and G. Y. Wu. 2010. Saline dust storms and their ecological impacts in arid regions. *Journal of Arid Land* 2(2): 144-150.
2. Abuduwaali, J., M. V. Gabchenko and X. Junrong. 2008. Aeolian transport of salts-A case study in the area of Lake Ebinur (Xinjiang, Northwest China). *Journal of Arid Environments* 72: 1843- 1852.
3. Akhavan-ghalibaf, M., A. Jalalian, B. Mostafazadeh and S. F. Mousavi. 1994. Soil resalinization in Rudasht region of Isfahan. *Iranian Journal of Agriculture Science* 25(1): 33-48.
4. Darvishi khatooni, J., F. Abasaghi and A. Mohammadi. 2018. Mineralogy and sedimentary geochemistry of incoming dust to the Khuzestan Province (case study: June 2012). *Journal of Natural Environmental Hazards* 6(14): 1-16.
5. Environmental Protection Agency (EPA). 2004. Air quality criteria for particulate matter, EPA 600/P-99/002af-bf, 2004, October.
6. Erdinger, L., P. Eckl and F. Ingel. 2004. The Aral Sea disaster - human biomonitoring of Hg, As, HCB, DDE, and PCBs in children living in Aralsk and Akchi, Kazakhstan. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 207: 541-547.
7. Esmaeilzadeh Hosseini, M. 2013. An investigation of falling dust quantities changes on Yazd in winter & spring 2013 and determination the probable origin by discriminant analysis method, MSc Thesis, Faculty of Natural Resources and Desert, Yazd University.
8. Ghaemina, A. M., M. A. Hakimzadeh Ardakani, R. Taghiazdeh Mehrjardi and F. Dehghani. 2017. Necessity to study the salinisation of agricultur land due to salt transport by wind. In: Proceeding of the 1st National Conference on Agriculture, Natural Resources and Veterinary, May 31, Ardakan, Yazd, Iran.
9. Gholampour, A., M. S. Hassanvand, R. Nabizadeh, Z. Alizdeh and A. Mahvi. 2016. Ionic content and sources identification of particulate matter in the ambient air of Tabriz during 2013 to 2014. *Iranian Journal of Health and Environment* 9(3): 319-330.
10. Jafari, M., H. Azarnivand, Gh. Zehtabian and A. Jamshidi. 2002. An investigation of the effects of irrigation water quality on desertification in croplands of Damghan kavir margin. *Desert* 7(2): 121-128.

11. Kearney, T. H. and C. S. Scofield. 1936. The Choice of crops for saline land, United States Department of Agriculture, Circular No. 404. Washington D.C.
12. Khosravi, H., E. Haydari, Gh. Zehtabian and J. Bazrafshan. 2016. Analysis of spatial and temporal trends of groundwater index (GRI) (Case study: Yazd-Ardakan plain). *Iranian Journal of Range and Desert Research* 22(4): 711-720.
13. Mahdavi Ardakani, S. R., M. Jafari, N. Zargham, M. A. Zare Chahouki, N. Baghestani Meibodi and A. Tavili. 2011. Investigation on the effects of Haloxylon aphyllum, Seidlitzia rosmarinus and Tamarix aphylla on soil properties in Chah Afzal-Kavir (Yazd). *Iranian Journal of Forest* 2(4): 357-365.
14. Mahmoodi, Z. and H. Khademi. 2014. Identification of the origin of atmospheric dust in Isfahan using its chemical and mineralogical properties. *Journal of Water and Soil Conservation* 21(1): 217-233.
15. Meteorological administration of Yazd province. 2017. *Internal Journal* 8(39-43): 1-90.
16. Micklin, P. 2005. The history, status and lessons of the Aral Sea, Presentation at Salton Sea Centennial Symposium, San Diego.
17. Mobin, M. H. 2003. Evaluation of the Expansion, Changes and Use of Kavir-siakooch Yazd. Aridland and Desert Institute, Yazd University.
18. Mohammadi, A. and Kazemi, G. A. 2012. Factors affecting desertification and water salinity in Shoghan catchment. *Natural Geography*, 5(15): 85-96.
19. Nabiollahi, K., Sh. Moradian and R. Taghizadeh-Mehrjardi. 2017. Mapping of soil salinity and sodicity hazard using indicator Krijing in Ghorveh, Kurdistan province. *Iranian Journal of Soil Research* 31(1): 103-116.
20. Rahimian, M. H., M. R. Nooriemanzadei, Y. Hasheminezhad, S. H. Tabatabaei and E. Neshat, 2014. Determination of leaching fraction in ardakan pistachio orchards through integration of wetting front detector and electromagnetic induction devices. *Iranian Journal of Soil Research* 28(1): 163-173.
21. Rahmatizadeh, A., M. Jafari, and M. Karimian Eghbal. 2014. Identifying saline lands and halophytes of Qom province. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 21(4): 580-590.
22. Schroeder, J. H. 1985. Eolian dust in the coastal desert of the Sudan: aggregates cemented by evaporates. *Journal of African Earth Sciences* 3(3): 371-380.
23. Shahsavani, A., K. Naddafi, N. Jaafarzadeh Haghhighifard, A. Mesdaghinia, M. Yunesian, R. Nabizadeh, M. Arhami, M. Yarahmadi, M. H. Sowlat, M. Ghani, A. Jonidi Jafari, M. Alimohamadi, S. A. Motevalian and Z. Soleimani. 2012. Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* 184(11): 6683-92.
24. Shen, Z., J. Cao, R. Arimoto, Z. Han, R. Zhang and Y. Han. 2009. Ionic composition of TSP and PM2.5 during dust storms and air pollution episodes at Xi'an, China. *Atmospheric Environment* 43(18): 2911-2918.
25. Wang, X., Z. Dong, C. Zhang, G. Qian and W. Luo. 2009. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China. *Journal of Geomorphology* 112: 144-157.
26. Zehtabian, G. R., M. Sardari and M. Sourì. 2006. The study of irrigation on soil salinity (case study: Yazd-Ardakan plain). *Desert* 11(1): 197-210.
27. Zehtabian, G. R. and L. Sarabiyani. 2004. Investigation of soils and water salinization in Gonbad-Alagol plain. *Desert* 9(2): 169-181.
28. Zehtabian, Gh., H. Ahmadi, S. Torabi and M. Sourì. 2004. Water and soil salinization factors in the region of Brom (Damghan). *Desert* 10(2): 279-291.

Quantity, Quality and Capability Assessment of Airborne Salts Fallout on Increasing the Surface Soil Salinity (A Case Study: North of Yazd- Ardakan Plain)

A. M. Ghaemini¹, M. A. Hakimzadeh Ardakani^{1*}, R. Taghizadeh- Mehrjardi²
and F. Dehghani³

(Received: October 27-2018 ; Accepted: February 24-2019)

Abstract

One of the reasons for soil salinization is the accumulation of salts in it by transmission through water and wind. In order to investigate the phenomenon of transfer of salts with dust in the arid regions of the north of Yazd- Ardakan plain, field samples were taken using 32 MDCO sediments traps with uniform dispersion in an area of 20,000 hectares at some stage in 4 seasons of 2017. After washing the sediment collector with a liter of distilled water in the field and transferring the samples to the laboratory, for the quantitative analysis of saline dust, similar to measuring the Water Electrical Conductivity (EC_w), the Total Soluble Solids (TDS) were additionally measured through evaporation technique. The form and distribution of the dust particle size were additionally investigated using a Scanning Electron Microscope (SEM) tool. Within the qualitative examine of salts, effective cations and anions in salinity including Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , HCO_3^- and SO_4^- were measured. The results confirmed that, in general, the fallout was 11.1 g.m^{-2} of soluble material with dust particles (13.28%) in the course of only 12 months. Particles with a diameter of 5 to 10 microns were the most frequent. Considering the high correlation between Cl^- and Na^+ in the spring, autumn and winter, due to the high correlation between Ca^{++} and SO_4^- in summer dust, sodium chloride (NaCl) and gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), the most abundant composition of dust- containing salts could be expected in these seasons. By determining the percentage of solutes in the fallout dust, it was observed that the impact of the amount of the deposited salt from dust was slight and insignificant in the short time period; with the assumption of no change in the rate of subsidence, it was anticipated that it would explain the poor salinity in non- saline mass soils for up to 10 cm in 72 years. In general, the capability of airborne salt in increasing the soil salinity in the study area can be in long- term periods. Therefore, it is recommended to investigate other environmental effects of this phenomenon in order to identify its hazards.

Keywords: Saline dust, Desertification, Wind erosion, Dryland

1. Department of Arid Land and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Yazd, Iran.
3. National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

*: Corresponding author: hakim@yazd.ac.ir