آنالیز بافت رسوبی و تأثیر پوشش گیاهی در تپه‌های نبکای شهداد، شرق کرمان: کاربردی جهت ساز و کار تشکیل آنها

سارا ابراهیمی میمند[۱]، حامد زند مقدم[۲]، محمد خانه‌باد[۳]*، اسداله محبوبی[۴] و غلامرضا حسین یار[۵]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۲]استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

[۳]استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۴]استاد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۵]دکترا، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۱

چکیده

نبکاها از جمله تپه‌های بادی هستند که با تثبیت رسوبات در اطراف گیاهان نقش مهمی در فرسایش بادی ایفا می‌کنند. در قسمت‌های شمالی دشت شهداد (شرق کرمان) به علت فروافتادگی منطقه، تأثیر شدید باد، نرخ بالای تامین رسوب و حضور گیاهان بیابانی، نبکاها از پراکندگی بالایی برخوردار هستند. در این تحقیق جهت دستیابی به ساز و کار تشکیل نبکاهای دشت شهداد، پارامترهای رسوب شناسی و تأثیر پوشش گیاهی بر ژئومورفولوژی نبکاها بررسی شده است. با توجه به گسترش ناحیه مورد مطالعه و ژئومورفولوژی متفاوت نبکاها، تعداد ۳۰ نبکا به همراه رسوبات بین آنها نمونه برداری شده است. آنالیز این رسوبات نشان می دهد که رسوبات نبکا اغلب در اندازه ماسه ریز بوده که از جورشدگی و گرد شدگی خوبی نیز برخوردار هستند. در حالی که رسوبات بین نبکاها اغلب دامنه‌ای بین سیلت ریز تا گراول (پبل) دارند که به دو صورت رسوبات سطحی و زیر سطحی (عمق بیش از ۲ سانتیمتر) تقسیم بندی می شوند. اغلب رسوبات سطحی دانه درشت (ماسه درشت، گرانول) بوده و از گرد شدگی و جورشدگی نسبتاً خوبی برخوردار هستند. مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی نشان می دهد که جنس و گونه گیاهی در ژئومورفولوژی نبکاهای دشت شهداد حایز اهمیت است این امر به گونه ای است که از سه نوع پوشش گیاهی شناسایی شده (گز، ترات و کهور) مرتفع ترین نبکاها مربوط به نبکاها با پوشش گز بوده اما تأثیر نوع پوشش گیاهی در پارامترهای رسوب‌شناسی ناچیز است و تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد.

کلیدواژه‌ها: نبکا، رسوب شناسی، ژئومورفولوژی، دشت شهداد، کرمان.

***نویسنده مسئول:** محمد خانه‌باد

E-mail: mkhanehbad@ferdowsi.um.ac.ir

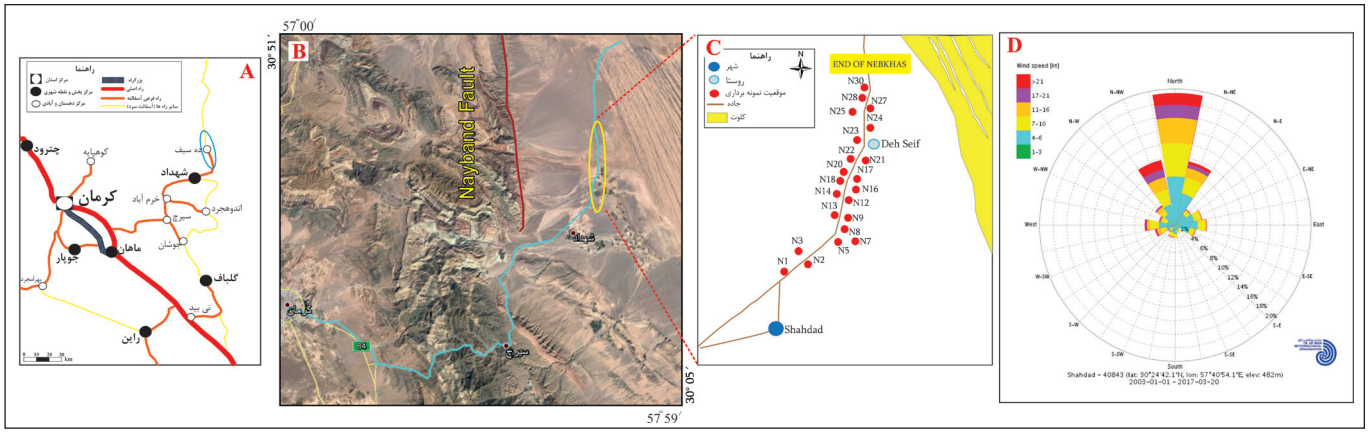
۱- پیش‌نوشتار

ماسه‌های بادی در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی به ویژه در دوره کواترنر از جایگاه خاصی برخوردار هستند. در بیابان‌های خشک و نیمه خشک، رسوبات بادی جز مهمی از سیستم‌های رسوبی سطح زمین محسوب شده (Thomas and Wiggs, 2008) و فرسایش در این نواحی هر ساله خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی زیادی را به همراه دارد. گیاهان به عنوان عامل بازدارنده فرسایش سبب تثبیت رسوبات حمل شده از مناطق مجاور و یا دور دست می‌شوند (Khalaf et al., 1995) و در نتیجه رسوبات در اطراف گیاهان تجمع یافته و باعث تشکیل تپه‌های ماسه‌ای می‌شود که تحت عنوان نبکا یاد می‌شوند (Tsoar, 2001). این تپه‌های ماسه‌ای از جمله اشکال سطحی تیپیک بادی بوده و در جلوگیری از بیابان‌زایی، مقابله با فرسایش بادی و حفاظت از زمین‌های زراعی نقش مؤثری ایفا می‌کنند (Wang et al., 2006; Lang et al., 2013; Xue et al., 2015). نبکاها از تعامل بین گیاهان، باد و رسوبات و تحت تأثیر فاکتورهای دیگری مانند شرایط آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی شکل می‌گیرند و در مجموع جزو بیوژئومورفولوژی محسوب می‌شوند (Du et al., 2010; Khalaf et al., 2014). این تپه‌ها به‌صورت گسترده در مناطقی دیده می‌شوند که میزان بارندگی سالیانه بین ۲۲ تا ۳۳۰ میلی‌متر است و متوسط سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی بین ۱/۵ تا ۱۷ متر بوده (Du et al., 2010) و به‌صورت پراکنده در مناطقی همچون پلایا، دلتا، دشت‌های آبرفتی و سواحل یافت می‌شوند (Hanson et al., 2009; El-Sheikh et al., 2010). به دلیل تأثیر مهم نبکاها در تغییرات محیطی، در دهه‌های گذشته نبکاها در اقصی نقاط دنیا مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در بیشتر نقاط دنیا نبکاها جز اشکال سطحی عهد حاضر و نسبتاً جدید هستند و ایجاد آنها بسیار وابسته به شرایط محیطی، در دسترس بودن رسوبات و نوع پوشش گیاهی است (Laity, 2009; Xue et al., 2015). آنالیز پارامترهای رسوبی نبکاها می‌تواند به‌طور چشمگیری اطلاعات ما در رابطه با ژئومورفولوژی نواحی بادی و تغییرات محیطی در سطح جهانی را افزایش دهد (Li et al., 2007). تشکیل نبکا به عملکرد گیاه، اندازه، تراکم و ویژگی‌های زیستی آن بستگی دارد (El-Bana et al., 2002). نبکاهای دشت شهداد یکی از زیباترین مناظر بیابانی هستند که بعضاً بزرگ‌ترین نبکاها در دنیا را در خود جای داده است (زندمقدم، ۱۳۹۵). این اشکال بادی به‌طور گسترده در قسمت‌های شرق و شمال شرقی شهداد مشاهده می‌شوند. در این منطقه گیاهانی با جنس و گونه‌های مختلف باعث ایجاد نبکاهایی در اندازه‌ها و شکل‌های متفاوت شده‌اند. بنابراین، مناظر دیدنی و کم‌نظیری در این منطقه به وجود آمده است که هر ساله توجه بسیاری از محققین و گردشگران را به خود جلب می‌کند. نبکاهای شهداد تاکنون تحت مطالعات ژئومورفولوژیکی مختلفی قرار گرفته‌اند (برای مثال، مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲). اما هنوز مطالعات رسوب‌شناسی درخور توجهی در آنها انجام نشده است از این رو هدف از انجام این تحقیق بررسی پارامترهای رسوب‌شناسی (بافت و ساخت رسوبی) نبکاها و ارتباط آنها با پوشش گیاهی و پارامترهای ژئومورفولوژیکی است. بررسی پارامترهای رسوب‌شناسی در تعیین شرایط حمل و نقل و رسوبگذاری نقشی اساسی دارد (Hamdan et al., 2015) و بررسی پارامترهای ژئومورفولوژی می‌تواند به بررسی نحوه واکنش گیاهان در برابر رسوبات بادی کمک کند. بنابراین، نوع پوشش گیاهی و ارتباط آن با ژئومورفولوژی و پارامترهای رسوب‌شناسی می‌تواند جهت ساز و کار تشکیل نبکاها و بحث فرسایش و رسوب در منطقه حایز اهمیت باشد.

۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

بلوک لوت محدوده‌ای بیابانی است که در بین استان‌های خراسان جنوبی،

سیستان و بلوچستان و کرمان قرار گرفته و منطقه مورد مطالعه بخش کوچکی در جنوب غربی بلوک لوت (شرق کرمان) را شامل می شود. بلوک لوت با روندی شمالی- جنوبی توسط دو گسل اصلی نهبندان (حدفاصل شرقی با زون سیستان) و نایبند (حدفاصل غربی با بلوک طبس) با روند شمالی- جنوبی مشخص می‌شود (Stocklin et al, 1971; Pang et al., 2012; Yousefi et al., 2017). توالی رسوبی بلوک لوت اساسا جوان‌تر از پرمین بوده و اغلب از نهشته‌های کربناته کم عمق دریایی، شیل و ماسه‌سنگ تشکیل شده‌اند (Stocklin et al, 1971; Saadat et al., 2010). رسوبات قاره‌ای نئوژن-کواترنری، تپه‌های ماسه‌ای کواترنری، کفه‌های نمکی و رسوبات آبرفتی محدوده وسیعی از بلوک لوت را در برگرفته و به عنوان جوان‌ترین واحدهای چینه‌ای بلوک لوت محسوب می‌شوند (Yousefi et al., 2017). دشت شهداد با ارتفاع حدود ۴۵۰ متر از سطح دریا در شمال شرق استان کرمان واقع شده است. این بخش در تلاقی با رشته کوه‌های مرتفع ایران مرکزی و مناطق پست کویری قرار دارد و این تلاقی استثنایی بین ناحیه کوهستانی و بیابانی، ویژگی‌های کم نظیری همچون کلوت‌ها و نبکاها را به وجود آورده است که در کمتر نقطه‌ای از فلات ایران می توان مشاهده کرد. شهداد در فاصله ۹۵ کیلومتری از کرمان قرار دارد و بهترین مسیر موجود برای دسترسی به منطقه مورد مطالعه جاده آسفالته کرمان- سیرچ- شهداد است (شکل ۱-A). مطالعات زندمقدم (۱۳۹۵) منعکس کننده پنج پهنه رسوبی مخروط افکنه، رسوبات وادی، دشت سریر، پلایاها و تپه‌های ماسه‌ای در رسوبات عهد حاضر دشت شهداد است. نبکاهای مورد مطالعه بخشی از تپه‌های ماسه‌ای در این ناحیه به شمار می‌روند که با توجه به تصاویر ماهواره‌ای در قسمت غربی کلوت‌ها واقع شده‌اند (شکل ۱-B). منطقه مورد مطالعه در محدوده‌ای با موقعیت جغرافیایی ″20.7 ′27 °30 N و ″6.40 ′43 °57 E تا ″12.80 ′36 °30 N و ″6.30 ′46 °57 E قرار گرفته است و نمونه برداری از ۶ کیلومتری شمال شهداد در مسیر جاده شهداد- نهبندان آغاز و تا ۵/۵ کیلومتری شمال روستای ده سیف ادامه یافته است (شکل ۱- C). بر اساس گزارشات سازمان هواشناسی کشور (۱۳۹۶) در کرمان میانگین سالیانه حداکثر دما ۳۲-۳۳ درجه (حداکثر دمای ثبت شده ۴۷ درجه در تیر ماه) و میانگین سالیانه حداقل دما ۲۱- ۲۲ درجه (حداقل دما ۶ درجه در دی ماه) است و بارندگی سالیانه بین ۹ تا ۸۳ میلی‌متر متغیر است. باد نیروی محرکه اصلی برای جابه جایی رسوبات در بین تپه‌ها است. میانگین ماهیانه سرعت باد ۲-۴/۶ متر بر ثانیه و مقدار مطلق سالیانه سرعت باد ۱۶-۳۰ متر بر ثانیه است که بیشترین سرعت باد در فصل بهار و کمترین سرعت باد در پاییز است. با توجه به گلبادهای منطقه جهت وزش بادهای غالب منطقه به ترتیب شمالی- جنوبی، شمال غرب- جنوب شرق و شمال شرق- جنوب غرب هستند (شکل ۱- D).



شکل ۱- A) نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه؛ B) تصویر ماهواره‌ای از محدوده مورد مطالعه؛ C) جایگاه نمونه برداری از نبکاهای دشت شهداد؛ D) گلباد سالیانه شهداد (استخراج از داده‌های سال ۲۰۰۳- ۲۰۱۷ ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه.

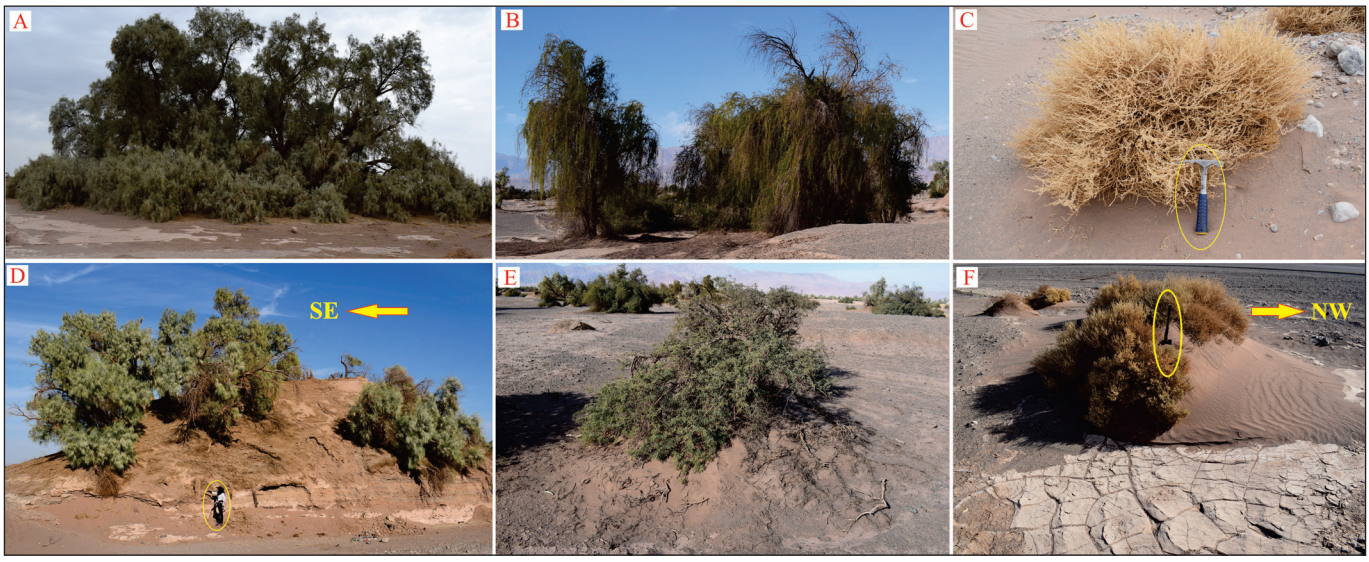
۳- روش مطالعه

در مطالعات صحرایی، با توجه به گسترش ناحیه مورد مطالعه، گونه گیاهان موجود و ارتفاع نبکاها؛ از تعداد ۳۰ نبکا نمونه‌برداری شده است. از آنجایی که نبکاهای ایجاد شده توسط گونه گز مرتفع‌ترین نبکاهای منطقه را تشکیل می‌دهند نمونه‌برداری از این نبکاها در جهت رو به باد و پشت به باد صورت گرفته است و در مجموع ۴۱ نمونه برداشت شده از نبکاها به آزمایشگاه رسوب‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان منتقل شده است و تحت غربالگری قرار گرفته‌اند. همچنین جهت بررسی تفاوت پارامترهای رسوب‌شناسی، تعداد ۱۰ نمونه رسوب از بین نبکاها نیز برداشت شده است. نمونه برداری از نبکاها به گونه‌ای انتخاب شده است که تمام منطقه پوشش داده شود. در حین نمونه‌برداری طول، عرض و ارتفاع هر نبکا توسط متر اندازه‌گیری و موقعیت هر نبکا توسط GPS ثبت شده است (شکل ۱- C). جهت آنالیز اندازه دانه‌ها از روش غربال خشک (در آزمایشگاه رسوب شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان) استفاده شده است. از آنجایی که اغلب نمونه‌ها در اندازه ماسه بوده لذا جهت بالا رفتن دقت مطالعه فواصل بین الک‌ها ۰/۵ فی در نظر گرفته شده است. همچنین به علت بالا بودن مواد آلی (شاخ و برگ خشک شده گیاهان) در برخی نمونه‌ها و خطای احتمالی از آب اکسیژنه جهت حذف آنها استفاده شده است. پارامترهای رسوب‌شناسی از قبیل مد، میانه، میانگین، جورشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی در ۴۱ نمونه نبکا و ۱۰ نمونه بین نبکا با استفاده از روش ترسیمی جامع Folk (1980) محاسبه شده‌اند. به منظور بررسی مورفوسکوپی دانه‌ها و تعیین فرم ذرات (کروی، میله‌ای، تیغه‌ای و دیسکی)، گردشدگی و کرویت از ذرات بزرگتر از ۶۳ میکرون در زیر میکروسکوپ باینوکلار استفاده شد (Tucker, 2001). به این منظور ۱۰ نمونه از رسوبات غربال شده نبکا در اندازه‌های صفر تا ۱/۵ فی و ۵ نمونه از رسوبات بین نبکا در اندازه ۱- تا ۱/۵ فی در زیر میکروسکوپ باینوکلار به‌صورت جداگانه بررسی شده‌اند.

۳– ۱. پوشش گیاهی نبکاها

گیاهان نقش یک تله رسوبی را داشته و به عنوان یک مانع طبیعی یکی از عوامل اصلی تشکیل دهنده نبکا محسوب می‌شوند. در اکوسیستم‌های خشک و نیمه خشک، گیاهان چوبی و چند ساله از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده سرعت باد و از عوامل رسوب دهنده ماسه بادی‌ها محسوب می‌شوند (مصلح آرانی و همکاران، ۱۳۸۹). برخلاف آب و هوای گرم و خشک حاکم بر دشت شهداد این منطقه از پوشش گیاهی متنوعی در جنس و گونه برخوردار است. بر اساس گزارش وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۱) و مشاهدات صحرایی، از مجموعه گیاهان موجود در منطقه خانواده Tamaricaceae با جنس و گونه *Tamarix stricta* با نام فارسی «کر گز»، خانواده Chenopodiaceae با جنس و گونه *Hammada salicornica* با نام فارسی «ترات» و خانواده Fabaceae با جنس و گونه *Prosopis farcta* و با نام فارسی «کهور» جز خانواده‌های گیاهی غالب در منطقه مورد مطالعه هستند (جدول ۱). این گیاهان با داشتن ویژگی‌های زیستی متفاوت در ایجاد نبکا نیز متفاوت عمل می‌کنند. در ایران «گز» گونه‌های متعددی دارد و اغلب آنها مخصوص نواحی پست و شوره‌زار هستند. «گز» درختچه‌ای غالب در مناطق بیابانی است که با انواع مختلف محیط سازگاری دارد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱). به علت ریشه‌های عمیقی که دارد می‌تواند آب را از اعماق زمین جذب کند و به همین دلیل با مناطق خشک و نیمه‌خشک سازگار است و می‌تواند سالیان طولانی به رویش خود ادامه دهد. درخت گز در منطقه شهداد دارای سه گونه مختلف کر گز، سرخ گز و شاه گز است. در بین این سه گونه «کر گز» مرتفع‌ترین نبکاها را ایجاد می‌کند که اغلب پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه ما از نوع «کر گز» است. این گیاهان توانایی رشد تا ارتفاع ۱۲ متر را دارند (شکل ۲ – A). درخت «کهور» جز درختان متوسط‌القامت است. این گیاه، بوته‌کوتاه، پر شاخ و برگ و همیشگی است که طول آن در اکثر موارد به ۴۰ سانتی‌متر تا ۱ متر می‌رسد (جعفرپور و همکاران، ۱۳۹۵) اما، در شرایط مساعد می‌تواند بیش از ۲ متر رشد داشته باشد (Qasem, 2007). ریشه‌های این گیاه به خوبی توسعه یافته‌اند و می‌توانند تا عمق ۱۵ الی ۲۰ متری نیز نفوذ نمایند. این گیاه در خاک‌های رسی و خشک و خاک‌های آبرفتی عمیق با سطح آب زیرزمینی کم عمق به خوبی رشد می‌کند (جعفرپور و همکاران، ۱۳۹۵). درختان «کهور» در منطقه شهداد در حد چند سانتی متر تا چند متر دیده می‌شوند که درختچه‌های در حد سانتی‌متر را «کهورک» و در حد متر را «کهور» می‌نامند. از آنجایی که شرایط رشد مناسبی برای این گیاه فراهم بوده است در بعضی قسمت‌ها تا ارتفاع ۶ متر نیز رشد کرده است (شکل ۲– B). «ترات» در مناطق خشک، گرم و خشک و گرم و مرطوب رویش دارد و جز گیاهان نوردوست به حساب می‌آید. این گیاه بیشتر در نواحی جنوبی ایران رویش دارد. این پدیده نشان می‌دهد که ترات گیاه سازگار با مناطق گرم و خشک است. ترات گونه‌ای مقاوم به خشکی است و در مناطق با متوسط بارندگی ۶۰ میلی‌متر با پوشش و تراکم مناسب رشد می‌کند. ریشه گیاه ترات دارای گسترش قابل ملاحظه‌ای است و این امکان را برای گیاه فراهم می‌کند تا از اعماق و سطح بیشتری، رطوبت خاک را استحصال نماید. از طرفی تغییر فرم برگ‌ها و گوشتی شدن آنها در کاهش سطح تعرق و در نتیجه ذخیره کردن آب در برگ‌ها کمک می‌کند (توکلی و همکاران، ۱۳۸۴). ترات‌های ناحیه شهداد در حد چند سانتی‌متر دیده می‌شوند. پراکندگی این پوشش گیاهی در منطقه بسیار زیاد است و از بیشترین فراوانی برخوردار است (شکل ۲– C).

هر کدام از گونه‌های گیاهی ظرفیت مختلفی در به دام انداختن رسوبات دارند (Khalaf et al., 1995). این جمله مصداق مناسبی برای گیاهان دشت شهداد محسوب می‌شود به طوری که، در مطالعات صحرایی مشاهده شده است درختان گز در به دام انداختن رسوبات عملکرد بهتری را نسبت به گونه‌های کهور و ترات نشان می‌دهند. نبکاهای تشکیل شده توسط درختان گونه گز در منطقه بالغ بر ۱۰ متر ارتفاع دارند (شکل ۲– D). در منطقه مورد مطالعه درختان کهور و درختچه‌های کهورک به دفعات دیده می‌شوند اما، نبکاهای تشکیل شده توسط این گیاه در اندازه چند سانتی‌متر و به ندرت تا ۱ متر دیده می‌شوند (شکل ۲– E). برخلاف اینکه درختان کهور تا ارتفاع ۶ متر نیز رشد می‌کنند اما به مانند گز توانایی به دام انداختن رسوبات را ندارند. درختچه‌های ترات را میتوان جز گونه گیاهی غالب منطقه دانست و نبکاهای ایجاد شده توسط آنها شاخص خوبی برای تعیین جهت وزش باد در منطقه هستند. نبکاهایی که هسته اصلی آن‌ها گونه ترات است در اندازه چند سانتی‌متر دیده می‌شوند (شکل ۲– F).



شکل ۲– پوشش گیاهی و نبکاهای ایجاد شده توسط گونه‌های گیاهی مختلف در منطقه. A) نمایی از گیاه گز (کر گز) با انشعابات متعدد در اطراف ساقه اصلی؛ B) نمایی از گیاه کهور با رشدی بالغ بر ۴ متر؛ C) نمایی از گیاه ترات که از فراوانی بالایی برخوردار است؛ D) نبکای ایجاد شده توسط گونه گیاهی گز، ارتفاع این نبکا به ۱۰ متر می‌رسد. گیاهان در جهت وزش باد (نوک پیکان) خم شده‌اند؛ E) نبکاهای ایجاد شده توسط کهورک، این نبکا در اندازه چند سانتی‌متر است؛ F) نبکای ایجاد شده توسط گونه گیاهی ترات، جهت وزش باد به سمت جنوب شرق است.

یکی دیگر از انواع نبکاهای ایجاد شده در دشت شهداد نبکاهای غیر فعال محسوب می‌شوند (شکل های۳- A و B). در مطالعات صحرایی مشاهده شده است که این نبکاها با از دست دادن گیاه میزبان شکل نامنظمی پیدا کرده و به راحتی توسط عوامل فرسایشی همچون آب و باد تخریب می‌شوند. نبکاهای دشت شهداد از اشکال ژئومورفولوژیکی متنوعی برخوردار هستند. به‌طور کلی قسمت رو به باد نبکاها نسبتا شیب‌دار و قسمت پشت به باد آن نسبتا کم‌شیب است (Langford, 2000; Mountney and Russell, 2006). اما در بعضی قسمت‌های منطقه شهداد (به خصوص در نواحی شمالی منطقه مورد مطالعه) مشاهده شده است که شکل نبکاها با دیگر نقاط تفاوت دارد. در برخی نبکاها شیب تپه در همه جهات تقریباً یکسان است به گونه‌ای که نمی-توان قسمت رو به باد و پشت به باد را بر اساس اختلاف شیب از یکدیگر تفکیک کرد و تنها بر اساس جهت خم شدن شاخ و برگ گیاه و یا ریپل مارک‌های ایجاد شده در رسوبات بین نبکا می‌توان جهت باد را تشخیص داد. این نبکاها به دو نوع نبکای نیم‌کره‌ای و مخروطی تقسیم‌بندی می‌شوند. درختچه‌هایی که به‌صورت عمودی رشد می‌کنند و دارای انشعابات زیادی هستند یک نبکای مرتفع و به شکل مخروطی را ایجاد می‌کنند درحالیکه، درختچه‌هایی که به صورت افقی رشد می‌کنند و تعداد انشعابات آنها کم است یک نبکای کم ارتفاع و به شکل نیم‌کره را به وجود می‌آورند (برای مثال Hesp, 1981). این نبکاها اغلب در قسمت‌های شمالی موقعیت نمونه‌برداری مشاهده شده‌اند و نبکاهای مخروطی ارتفاع بیشتری نسبت به نبکاهای نیم‌کره‌ای دارند (شکل‌های ۳- C و D).

جدول ۱- نوع پوشش گیاهی ناحیه مورد مطالعه.

خانواده	جنس و گونه	نام محلی	فرم رویشی	دامنه ارتفاع نبکا
Tamaricaceae	*Tamarix stricta*	گز	گیاهان درختچه ای	1m-12m
Chenopodiaceae	*Hammada salicornica*	ترات	گیاهان درختچه ای	15cm-50cm
Fabaceae	*Prosopis farcta*	کهور	گیاهان درختچه ای	15cm-1m

شکل ۳- A) نبکای غیر فعالی که در مراحل ابتدایی تخریب قرار دارد و هنوز لایه بندی و جهت لایه بندی (نوک پیکان) که متناسب با جهت باد و حرکت نبکا است در آن مشاهده می‌شود؛ B) نبکای غیرفعالی که در مراحل میانی و انتهایی تخریب قرار داشته و بر اثر هوازدگی و فرسایش حالت مخروطی به خود گرفته است؛ C) نبکای مخروطی، در این نبکا با توجه به جهت خم شدن شاخ و برگ گیاه میزبان جهت باد مشخص است؛ D) نمایی از یک نبکای نیم‌کره‌ای، پراکندگی شاخه‌های درخت کز گز عامل ایجاد این مورفولوژی در نبکاست.

۳- ۲. رسوب شناسی نبکاها

میزان رسوبات و نرخ تأمین رسوب در نواحی بیابانی می‌تواند به عنوان دومین عامل مهم در تشکیل نبکا محسوب شود. همچنین، ویژگی‌های بافتی از قبیل اندازه دانه‌ها می‌تواند شاخص مناسبی جهت شناسایی رسوبات حمل شده از مناطق اطراف و یا رژیم باد در منطقه است (Lang et al., 2013). از این رو، ویژگی‌های بافتی رسوبات جهت بررسی تشکیل نبکاها جزو پارامترهای مهم و ضروری به شمار می‌رود که در ادامه بررسی می‌شود.

– **مشخصات رسوبی نبکاها**: پارامترهای اندازه دانه برای ۴۱ نمونه غربال شده رسوبات نبکا (مد، میانه، میانگین، جورشدگی، کج شدگی و کشیدگی) محاسبه شده و در جدول ۲ آورده شده است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهند که ۴۹ درصد نمونه‌ها یونی‌مدال، ۳۴ درصد بایمدال و ۱۷ درصد پلی‌مدال هستند. همان‌گونه که داده‌های جدول نشان می‌دهند در ۵۱ درصد نمونه‌ها به دلیل بایمدال و پلی‌مدال بودن مد فاقد ارزش است اما در نمونه‌های یونی‌مدال ۱۲درصد از نمونه‌ها دارای مد ۳/۵ فی، ۱۱ درصد دارای مد ۳ فی و ۱۰درصد دارای مد ۴ فی هستند. میانگین ذرات به نوع رسوب، نوع عامل حمل و محیط رسوبگذاری بستگی دارد. این شاخص، متوسط دانه‌های رسوبی است و می‌تواند نشان دهنده شرایط انرژی در محیط رسوبگذاری باشد. در نمونه‌های برداشت شده از نبکاها کمترین میانگین اندازه ذرات ۳/۵۵ فی (ماسه بسیار ریز) مربوط به نمونه N 16-2 و حداکثر میانگین اندازه ذرات برابر با ۲/۱ فی (ماسه ریز) و مربوط به نمونه N 11 است و به‌طور متوسط میانگین ذرات سیلت تا ماسه ریز است. با توجه به نتایج آزمایشگاهی و محاسبات آماری به جز نمونه‌های N 15-1 و N 27-2 که جورشدگی بد دارند، سایر نمونه‌ها از جورشدگی متوسط تا خوب برخوردار هستند. از دیگر پارامترهای رسوب‌شناسی بررسی نحوه کج‌شدگی رسوبات است. در واقع کج شدگی نشان دهنده مقدار ذراتی است که نسبت به ذرات اصلی از فراوانی بسیار کمتری برخوردار هستند و در دنباله نمودارهای توزیع عادی

مشاهده می‌شوند (Boggs, 2009). کج شدگی رسوبات نبکاها دامنه ای بین مثبت و منفی دارند به‌طوری‌که ۴۵ درصد نمونه‌ها دارای کج‌شدگی منفی، ۴۲/۵ درصد تقریبا متقارن و ۱۰ درصد دارای کج‌شدگی مثبت هستند. میزان کشیدگی نمونه‌ها از پهن تا بسیار کشیده (۰/۶۵- ۲/۲۶۹) در تغییر است به‌طوری‌که ۳۵ درصد نمونه‌ها کشیده، ۳۰ درصد پهن، ۱۷/۵ درصد کشیدگی متوسط و ۱۵ درصد بسیار کشیده هستند.

جدول ۲- آنالیز اندازه دانه‌ها و پارامترهای محاسبه شده در نبکاهای دشت شهداد.

NO.	Sample NO.	Md(φ)	Median (φ)	Mean (φ)	Sorting (φ)	Skewness	Kurtosis
1	N 1-1	unimodal	3	3.116	0.552	0.223	0.956
2	N 2-1	bimodal	3.1	3.166	0.671	0.052	1.181
3	N 2-2	bimodal	2.8	2.883	0.701	0.092	0.756
4	N 5	unimodal	3.5	3.433	0.618	-0.059	1.721
5	N 6-1	unimodal	3.6	3.533	0.622	-0.182	0.819
6	N 6-3	unimodal	3.2	3.233	0.681	-0.014	1.133
7	N 7-1	bimodal	3.5	3.366	0.590	-0.196	0.652
8	N 7-2	bimodal	3.4	3.383	0.592	0.020	0.891
9	N 7-3	bimodal	3.25	3.25	0.555	0.040	0.798
10	N 8	unimodal	3.15	3.2	0.698	-0.008	1.229
11	N 9-1	bimodal	2.7	2.516	0.587	-0.249	0.901
12	N 9-2	unimodal	3.25	3.3	0.663	0.043	0.927
13	N 10	unimodal	2.85	2.85	0.633	-0.045	1.639
14	N 11	bimodal	2.4	2.1	1.220	-0.263	0.797
15	N 12-1	unimodal	3.35	3.283	0.671	-0.215	1.115
16	N 12-2	unimodal	3.75	3.666	0.630	-0.290	1.32411
17	N 13-1	unimodal	2.6	2.416	1.052	-0.274	0.995
18	N 13-2	bimodal	3.45	3.416	0.683	-0.149	0.784
19	N 14-1	bimodal	3.2	3.2	0.681	-0.159	0.917
20	N 15-1	multimodal	2.9	2.783	1.145	-0.253	1.434
21	N 15-2	unimodal	3.55	3.483	0.665	0.0008	1.152
22	N 16-1	bimodal	3.3	3.3	0.580	0.067	0.798
23	N 16-2	bimodal	3.5	3.55	0.545	0.065	0.995
24	N 17	bimodal	3	3.1	0.671	0.094	1.181
25	N 18-1	unimodal	3.1	3.166	0.532	0.120	0.928
26	N 18-2	multimodal	2.8	2.783	0.936	-0.083	0.850
27	N 20	multimodal	3.5	3.383	0.655	-0.224	0.860
28	N 21	multimodal	3.3	3.25	0.729	-0.214	1.186
29	N 22	bimodal	3.3	3.183	0.982	-0.308	2.269
30	N 23	bimodal	3.35	3.4	0.693	-0.018	1.481
31	N 24-1	bimodal	2.65	2.416	1.065	-0.262	0.995
32	N 24-2	unimodal	3.15	3.233	0.779	0.022	1.073
33	N 25	unimodal	2.8	2.766	0.656	-0.031	1.605
34	N 26-1	unimodal	2.85	3	0.487	0.312	1.040
35	N 26-2	unimodal	2.85	2.966	0.593	0.173	1.203
36	N 27-1	unimodal	2.85	2.9	0.538	0.030	1.762
37	N 27-2	unimodal	2.75	2.566	1.048	-0.316	1.166
38	N 28-1	bimodal	2.85	0.909	0.909	-0.174	1.301
39	N 28-2	unimodal	2.85	2.833	0.924	-0.087	1.388
40	N 29-1	unimodal	2.9	3.016	0.643	0.120	1.203
41	N 29-2	unimodal	2.8	2.616	1.020	-0.384	1.856

بررسی‌های انجام شده توسط میکروسکوپ باینوکلار نشان می‌دهد که گردشدگی و فرم ذرات در اندازه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است (جدول ۳). رسوبات نبکا در اندازه ماسه درشت را اغلب خرده سنگ‌هایی (خرده سنگ‌های رسوبی و آذرین) تشکیل می‌دهند که بیشتر به‌صورت نیمه‌زاویه‌دار تا گرد شده و تقریبا دیسکی و کروی هستند (شکل ۴- A). رسوبات در اندازه ماسه متوسط شامل کانی‌های جدا شده از خرده سنگ‌ها و کانی‌های سنگین همچون مگنتیت هستند که به‌صورت نیمه گرد شده تا خوب گرد شده و کروی هستند (شکل‌های ۴- B و C). ساخت‌های رسوبی در رسوبات نبکا که توسط فرآیندهای آبی یا بادی شکل گرفته‌اند شامل طبقه‌بندی موازی، طبقه‌بندی مورب و آثار ریشه و ساقه گیاهان بوده و در رسوبات بین نبکا، تول مارک‌ها و آثار قطرات باران مشاهده شده است (شکل ۵). در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای نبکا به دلیل فعالیت ریشه گیاهان، فعالیت حشرات و فرایند تشکیل خاک معمولاً طبقه‌بندی مشخصی مشاهده نمی‌شود (e.g., Wang et al., 2006 and 2010). اما در برخی قسمت‌های نبکا به خصوص در نبکاهای غیر فعال که قسمت‌هایی از آن فرسایش یافته و طبقات زیرین در معرض نمایش قرار گرفته‌اند، طبقه‌بندی موازی و مورب به خوبی حفظ شده است. با ورود رسوبات جدید به منطقه و رسوبگذاری در اطراف گیاهان رسوبات قبلی تحت فشار حاصل از رسوبات بالایی قرار گرفته و در اثر رطوبت حاصل از بارندگی متراکم شده و در نهایت لایه بندی موازی ایجاد می‌شوند (شکل ۵- A). طبقات مورب با زاویه زیاد (بیش از ۴۰ درجه) نیز در اثر حرکت نبکا و رسوبگذاری در قسمت پشت به باد نبکا ایجاد شده‌اند (شکل ۵- B). در نبکاهای امروزی بقایای آلی گیاهان به‌صورت بین لایه‌ای با رسوبات تشکیل دهنده نبکا دیده می‌شوند (شکل ۵- C).در نبکاهای غیر فعال که توسط باد و آب تحت تاثیر فرسایش قرار گرفته‌اند آثار و بقایای ریشه گیاهان به فراوانی قابل مشاهده است. در نبکاهای قدیمی‌تر این آثار توسط رسوبات پر شده و به‌صورت لوله‌هایی عمودی در بدنه نبکا قابل رویت است (شکل ۵-D). وزش بادهای قوی در سطح رسوبات مرطوب یا کمی چسبنده می‌تواند باعث ایجاد اشکال فرسایش بادی شود که برجستگی زیادی در سطح رسوبات نبکا نشان می‌دهد (شکل ۵- E). آثار قطرات باران از دیگر ساخت‌های رسوبی است که در سطح رسوبات گلی تشکیل دهنده بین نبکا که در مسیر آبراهه قرار دارند به دفعات مشاهده می شود (شکل ۵- F).

– **مشخصات رسوبی بین نبکاها:** رسوبات بین نبکا در اندازه‌های متفاوتی نسبت به رسوبات تشکیل دهنده نبکا مشاهده می‌شوند. این رسوبات بر اساس تفاوت در پارامترهای رسوب‌شناسی خود به دو دسته رسوبات سطحی و رسوبات در عمق بیش از ۲ سانتی‌متر تقسیم‌بندی می‌شوند. در برخی قسمت‌های منطقه که پوشش گیاهی ضعیف است رسوبات اغلب در اندازه گراول بوده و توسط جریان آب و یا باد به منطقه وارد می‌شوند. در ابتدای ورود این رسوبات به منطقه جورشدگی آنها پایین است اما با گذر زمان و عملکرد فرسایش بادی، رسوبات تفکیک شده و از جورشدگی خوبی برخوردار می‌شوند. بالا رفتن جورشدگی در رسوبات سطحی بیشتر مشاهده می‌شود. این رسوبات فاقد دانه‌بندی در اندازه سیلت و رس بوده و اغلب در اندازه ماسه بسیار درشت هستند. ویژگی‌های بافتی رسوبات برداشت شده از عمق بیش از ۲ سانتی‌متر متفاوت از رسوبات سطحی است. پارامترهای بافتی این رسوبات (جدول ۴) نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌ها پلی‌مدال بوده و میانگین اندازه دانه‌ها از ماسه ریز تا ماسه درشت متغیر است به‌طوری که بیشترین میانگین مربوط به نمونه BN 26 (۰/۶۱ فی) و کمترین میانگین مربوط به نمونه BN 24 (۲/۲۸ فی) است. آنالیزهای اندازه دانه در مجموعه رسوبات سطحی و غیر سطحی بین نبکا دامنه وسیعی از اندازه‌ها را شامل می‌شود (۲- فی تا کمتر از ۴/۵ فی) از این رو منعکس کننده جورشدگی بد، نمودارکشیدگی بسیار پهن وکج شدگی نمونه‌ها بیشتر به سمت ذرات درشت است.

جدول ۳- بررسی شکل دانه ها در رسوبات نبکا و بین نبکا.

	رسوبات نبکا		رسوبات بین نبکا	
رده بندی برحسب فی	گردشدگی	فرم و کرویت	گردشدگی	فرم و کرویت
-1	-	-	نیمه گردشده-گرد شده	دیسکی-تقریبا دیسکی
-0.5	-	-	نیمه گرد شده-خوب گرد شده	تقریبا دیسکی-نیمه کشیده
0	نیمه زاویه‌دار- گرد شده	تقریبا دیسکی- کروی	نیمه زاویه‌دار- گرد شده	کروی-نیمه کشیده
0.5	نیمه گرد شده- گرد شده	کروی	نیمه گرد شده- گرد شده	تقریبا دیسکی-کروی-نیمه کشیده
1	نیمه گرد شده- خوب گرد شده	کروی-نیمه کشیده	نیمه زاویه دار- گرد شده	کروی
1.5	گرد شده- خوب گرد شده	کروی	نیمه زاویه‌دار- گرد شده	کروی-نیمه کشیده

جدول ۴- آنالیز اندازه دانه‌ها و پارامترهای محاسبه شده در نهشته‌های بین نبکا.

NO.	Sample NO.	Median (φ)	Mean (φ)	Sorting (φ)	Skewness	Kurtosis
1	BN 7	2.35	1.28	1.734	-0.554	0.476
2	BN 12	2.75	2.08	1.253	-0.345	0.585
3	BN 13	2.6	2.5	0.978	-0.273	1.150
4	BN 14	0.5	0.91	1.634	0.362	0.598
5	BN 15	2.6	2.06	1.365	-0.463	0.779
6	BN 16	1.75	1.65	1.281	-0.173	1.271
7	BN 22	0.45	0.73	1.812	0.240	0.605
8	BN 24	2.6	2.28	1.320	-0.471	1.157
9	BN 26	-1.1	0.61	1.290	1.674	0.598
10	BN 28	2.8	1.95	1.642	-0.655	0.620

رسوبات بین نبکا به لحاظ فرم و گردشدگی از تنوع بیشتری نسبت به رسوبات نبکا برخوردار هستند. شکل نیمه گردشده تا گرد شده و دیسکی تا نیمه کشیده (شکل ۴- D) در ماسه‌های دانه درشت و شکل نیمه‌زاویه‌دار تا گرد شده و کروی تا نیمه کشیده در دانه های ماسه متوسط تا ریز دانه از مهم‌ترین پارامترهای شکل دانه در این رسوبات محسوب می‌شود (شکل های ۴- E و F). در رسوبات بین نبکا نیز ساخت‌های رسوبی بسیار شاخصی مشاهده شده است که از مهم‌ترین آنها می توان به طبقه‌بندی مورب ریپلی و مورب عدسی، ریپل مارک‌ها، ترک‌های گلی و آثار تول (Tool-Mark) اشاره کرد (شکل ۵). در رسوبات بین نبکا طبقه‌بندی مورب ریپلی و عدسی قابل مشاهده است که اغلب در رسوبات بین نبکاهای موجود در مسیر آبراهه‌های فصلی ایجاد شده‌اند (شکل های ۵- G و H). در رسوبات بین نبکا در دشت شهداد ریپل مارک‌هایی با خط الراس زنجیره‌ای تا پیچیده و با خط‌الراس سینوسی مشاهده شده است (شکل های ۵- I و J). ریپل‌های کوچک بر اساس آنالیز اندازه دانه اغلب در اندازه ماسه و ریپل‌های بزرگ در اندازه ماسه گراولی قرار دارند. در بین نبکاها ترک‌های گلی به دفعات مشاهده شده است که وجود آن‌ها حاکی از تجمع آب و ذرات در اندازه گل و تبخیر شدید در فروافتادگی‌ها و نواحی گود بین نبکاها است (شکل ۵-K). رخداد فرسایشی که فرآیند تشکیل علایم فرسایشی کف لایه را شروع می کند می‌تواند از عمل ذرات حمل شده توسط جریان که لحظه‌ای یا مستمر با کف بستر تماس برقرار می کنند حاصل شود که آثار تول (Tool mark) نامیده می‌شود. این آثار اغلب از نوع تول مارک‌های ثابت بوده به خوبی شاخص جهت وزش باد (جنوب شرق) در منطقه هستند (شکل ۵- L).

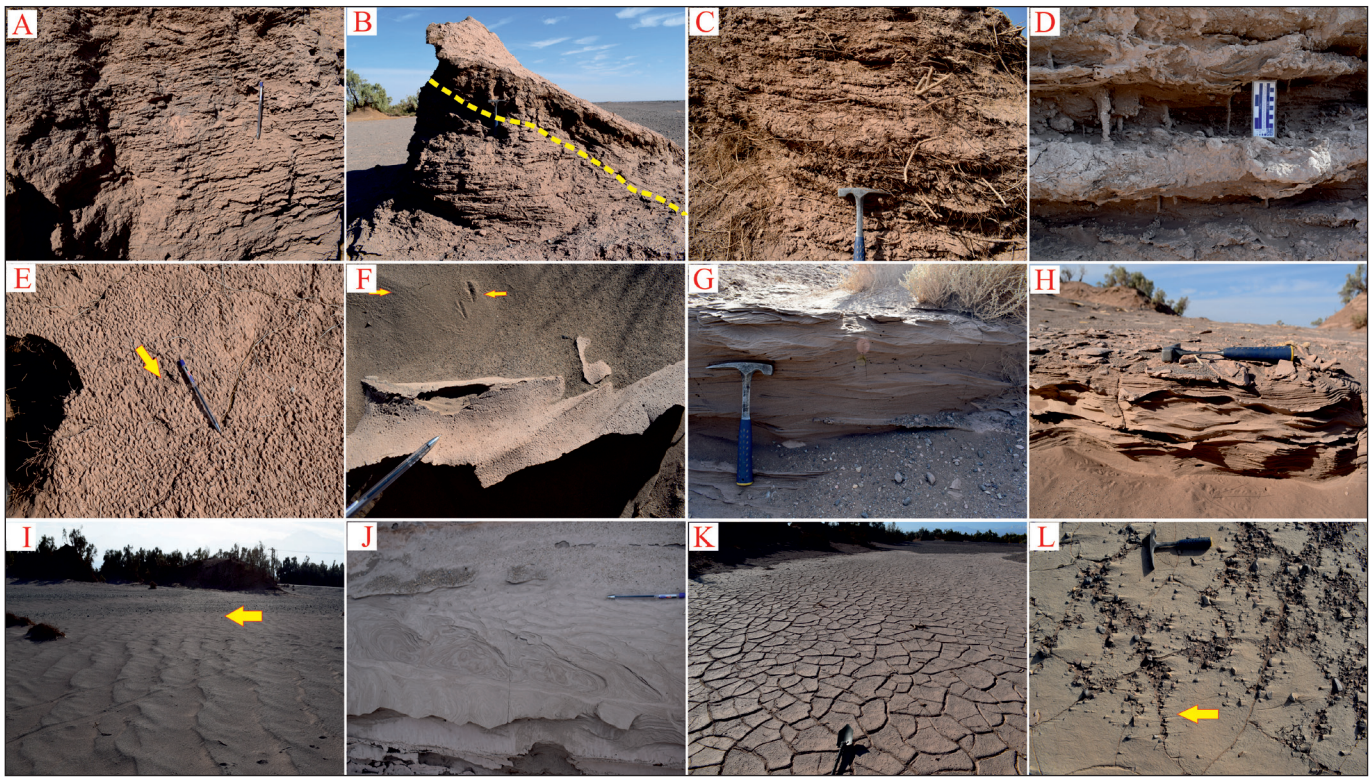
۴- بحث

در این تحقیق، بحث شامل تأثیر گیاهان بر مورفولوژی نبکا و بررسی پارامترهای بافت رسوبی در رسوبات نبکا و بین نبکاست که در مجموع می تواند تحلیلی از ساز و کار تشکیل نبکاهای دشت شهداد ارائه دهد.

۴- ۱. تأثیر گیاهان بر مورفولوژی نبکا

گیاهان نقش تله رسوبی و هسته نبکا را دارند و یک شرط لازم و اساسی برای ایجاد و گسترش نبکاها محسوب می‌شوند(Leenders et al., 2007; Herrmann et al., 2008; Tilk et al., 2011; Zhang et al., 2011). ویژگی‌های مورفولوژیکی نبکاها توسط بسیاری از محققین در اقصی نقاط مختلف دنیا مورد مطالعه قرار گرفته و همگی آنها منعکس کننده همبستگی زیاد بین پارامترهای مورفولوژیکی(طول، عرض و ارتفاع) در نبکا است (Du et al., 2010; Zhang et al., 2011). نوع پوشش گیاهی و تراکم آن باعث تثبیت و کاهش انتقال رسوبات سیستم بادی شده و منبع تامین ماسه را محدود می کند (Lancaster and Baas, 1998). در این میان گونه‌های گیاهی مختلف زمانی که تحت تأثیر عمل تدفین توسط رسوبات قرار می‌گیرند، مقاومت‌های متفاوتی از خود نشان داده و می‌توانند بر حمل و تثبیت مواد بادرفتی تأثیر بگذارند (Van der Stoel et al., 2002).

شکل ۴- فرم و گردشدگی دانه‌ها در زیر میکروسکوپ باینوکلار. A) رسوبات نبکا در اندازه ۱ فی، خرده سنگ‌ها بیشترین درصد اجزا را تشکیل می‌دهند؛ B) رسوبات نبکا در اندازه ۱/۵ فی، تنها کانی‌های جدا شده از خرده سنگ‌ها مشاهده می‌شوند؛ C) مگنتیت‌های جدا شده توسط آهن‌ربا از رسوبات نبک؛ D) رسوبات بین نبکا در اندازه ۰/۵- فی، در این رسوبات خرده سنگ‌های نیمه گرد شده و نیمه کشیده مشاهده می‌شود؛ E) رسوبات بین نبکا در اندازه ۰/۵ فی، این دانه‌ها از گردشدگی بهتری نسبت به ماسه های دانه درشت برخوردار هستند؛ F) رسوبات بین نبکا در اندازه ۱ فی، این دانه ها اغلب از گردشدگی خوبی برخوردار بوده و به فرم کروی تا نیمه کشیده مشاهده می شوند.



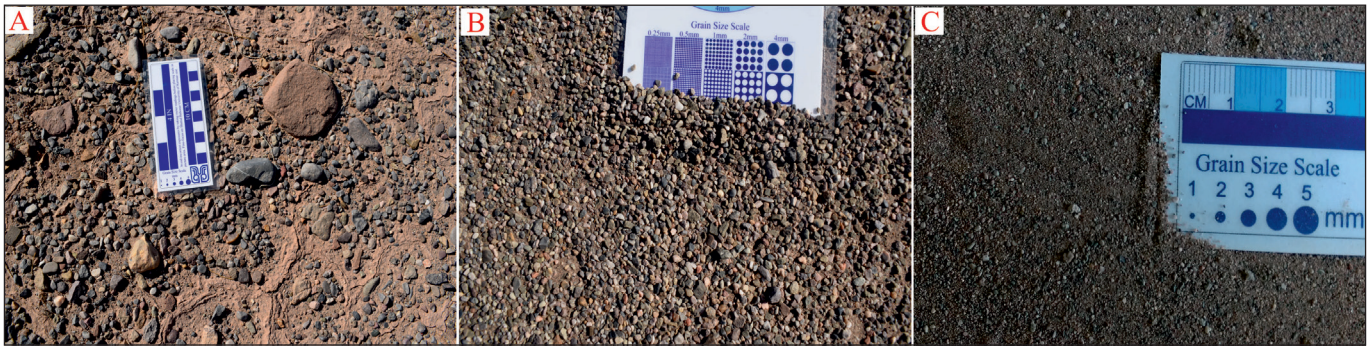
شکل۵- برخی از ساختمان‌های رسوبی در منطقه مورد مطالعه. A) نمایی از لایه بندی موازی تا مورب کم زاویه در رسوبات نبکا؛ B) نمایی از یک نبکای غیر فعال که دارای طبقه بندی موازی (در زیر) و مورب مسطح (در راس) حاصل از حرکت رسوبات در پشت نبکا است؛ C) آثار ساقه و شاخ و برگ گیاهان در نبکاهای فعال؛ D) آثار ریشه گیاهان که به صورت لوله هایی عمودی در بدنه برخی نبکاها مشاهده شده است؛ E) اشکال فرسایشی در سطح نبکا که توسط عمل باد بر روی رسوبات مرطوب به وجود آمده است؛ F) آثار قطرات باران بر روی رسوبات در اندازه گل؛ G) طبقات مورب ریپلی و عدسی؛ H) طبقه بندی موازی تا مورب عدسی؛ I) ریپل مارک‌های نامتقارن با خط الراس سینوسی که نشان دهنده جهت بادهای غالب (نوک پیکان، به سمت جنوب شرق) منطقه است؛ J) ریپل مارک‌ها با خط الراس زنجیره‌ای تا پیچیده؛ K) ترک‌های گلی چند ضلعی بین نبکاها؛ L) آثار تول (Tool mark). در این تصویر جهت جریان (نوک پیکان) از سمت چپ به راست تصویر و به سمت جنوب شرق منطقه است.

درختان گز را می‌توان از جمله درختان سازگار در ایجاد نبکا دانست زیرا در صورت رشد نبکا و افزایش نرخ تأمین رسوب، این گیاه نه تنها رشد خود را متوقف نمی‌کند بلکه با ایجاد ریشه جوش‌های جدید در اطراف ساقه اصلی به رشد خود ادامه می‌دهد. بر اساس مطالعات مصلح آرانی و همکاران (۱۳۸۹) با گذر زمان و افزایش ریشه جوش‌های مستقل تنه اصلی خشک می‌شود و در ازای آن پدیده‌ای به نام حلقه گیاهی ایجاد می‌شود. این نحوه تکثیر در گیاهان گز یکی از مهم‌ترین دلایل پایداری آنها در شرایط حاکم بر مناطق خشک و نیمه خشک است. از آنجا که گیاهان این گروه در اثر تنش نبکا با تغییر مورفولوژیک واکنش نشان داده و خود را با شرایط محیط سازگار می‌کنند این گونه گیاهی را می‌توان گونه مقاوم به نبکا دانست. از طرف دیگر، انشعابات متعدد در اطراف ساقه اصلی این گیاه می‌تواند توانایی به دام انداختن رسوبات را افزایش دهد. نحوه رشد این گیاه به گونه‌ای است که از آن برای تثبیت ماسه‌های بادی استفاده می‌شود (امامی‌نسب و اولادی، ۱۳۹۳). اندازه گونه گیاهی نقش بسیار اساسی در ارتفاع تپه‌های نبکا دارد، هرچه یک گیاه بلندتر و حجیم‌تر باشد، توانایی بیشتری در به دام انداختن رسوبات دارد و در نتیجه نبکای مرتفع‌تری را ایجاد می‌کند (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲). گونه کهور در منطقه مورد مطالعه از ارتفاع مناسبی برخوردار است اما برای تشکیل یک نبکا تراکم شاخه، طول شاخه، حجم گیاه و قطر تاج پوشش گیاهی نیز بسیار ضروری است (پورخسروانی، ۱۳۹۴). در اطراف ساقه اصلی گیاه کهور انشعاباتی دیده نمی‌شود یا به عبارتی، گیاه به‌صورت تک پایه رشد میکند و همین موضوع باعث می‌شود که این گیاه در منطقه‌ای مشابه که شرایط تشکیل نبکا برای تمام گونه‌های گیاهی یکسان است توانایی رقابت با گونه گز در تولید نبکا را نداشته باشد. ارتفاع نبکاهای ایجاد شده توسط گونه گیاهی ترات متناسب با میزان رشد این گیاه است. با افزایش ارتفاع، حجم گیاه نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه توانایی به دام انداختن رسوبات آن بالا می‌رود اما با زیاد شدن حجم رسوبات این گیاهان عکس‌العمل منفی از خود نشان می‌دهند. به عبارتی با تجمع رسوبات این گیاه توانایی رشد خود را از دست می‌دهد و با از بین رفتن گیاه نبکای ایجاد شده نیز تخریب می‌شود. زمانی که میزان رسوبگذاری و میزان فرسایش در نبکا برابر باشد طول و عرض یک نبکا افزایش پیدا می‌کند اما ارتفاع آن تغییر نمی‌کند. در دوره‌هایی که قدرت باد ضعیف است نبکا به حالت پایدار درآمده و رشد آن متوقف می‌شود اما، ممکن است با تغییرات در میزان ورود رسوبات و شدت باد، رشد یک نبکا از سر گرفته شود. در نهایت با کاهش میزان ورود رسوبات به منطقه، افت سطح آب‌های زیرزمینی و مرگ گیاهان نبکاها وارد مرحله‌ای جدید شده (مرحله غیر فعال شدن) و ارتفاع آنها به تدریج کاهش می‌یابد (Xia et al., 2004). مرگ گیاه علت اصلی از بین رفتن یک نبکاست چرا که ریشه و ساقه گیاه نقش عامل نگهدارنده رسوبات را ایفا می‌کنند. با از بین رفتن پوشش گیاهی انسجام رسوبات نیز از بین می‌رود و نبکا در برابر شرایط محیطی ناپایدار می‌شود. برداشت‌های بی‌رویه آب‌های زیرزمینی و خشک سالی پیاپی می‌تواند یکی از دلایل مرگ گیاه و بی‌ثباتی نبکاست (Laity, 2009). مطالعات Li et al. (2007) نشان می‌دهد که در دوره‌های اولیه که نبکا شروع به تشکیل می‌کند شکل سپر مانند دارد و در دوره‌های تخریب به صورت نامنظم دیده می‌شود، اما نبکاهایی که باقی‌می‌مانند یا به عبارتی به مرحله تخریب

نرسیده‌اند، می‌توانند به دو صورت مخروطی و نیم کره‌ای دیده شوند که هر دو مورد در نبکاهای دشت شهداد مشاهده شده است.

۴– ۲. تحلیل بافت رسوبی

هر چند که اندازه یک نبکا تحت تأثیر پوشش گیاهی است اما، میزان افزایش ارتفاع آن تحت تأثیر نرخ رسوبگذاری نیز قرار دارد (Khalaf et al., 1995; Chen, 1998; Tengberg and Jia and Li., 2008). تفاوت اندازه ذرات رسوبی در نبکاها منعکس کننده تغییر خصوصیات رسوب‌شناسی و شرایط تشکیل آنهاست (Langford, 2000). نتایج به دست آمده از آنالیز بافت رسوبی نشان می‌دهند که اندازه رسوبات در اکثر نمونه‌های جمع‌آوری شده از نبکاهایی با پوشش گیاهی گز، کهور و ترات به ترتیب دارای دامنه‌ای بین سیلت تا ماسه ریز، سیلت تا ماسه متوسط و سیلت تا ماسه درشت قرار هستند. مهم‌ترین عامل این تغییر اندازه دانه را می‌توان به ویژگی‌های زیستی گیاه میزبان نبکا نسبت داد (برای مثال، ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶ب). گونه گز با انشعابات متعدد در اطراف ساقه اصلی در طی سال‌های متمادی توانایی به دام انداختن رسوبات بیشتری را نسبت به سایر گونه‌های گیاهی دشت شهداد خواهد داشت. از طرفی به علت خاصیت چسبندگی رسوبات دانه ریز (سیلت و رس)، این رسوبات در برابر شرایط محیطی مقاومت بیشتری داشته و در نبکا حفظ می‌شوند. اما گونه کهور به صورت تک پایه رشد کرده و این نوع رشد گزینه مناسبی برای به دام انداختن رسوبات و ایجاد نبکا نیست. همچنین به دلیل رشد محدود گونه ترات و ناپایداری این گونه گیاهی در مقابل شرایط سخت محیطی، ماسه‌های درشت تر در اطراف این گیاه جمع شده ونبکاهای تشکیل شده از پایداری کمی برخوردار هستند. علاوه بر تأثیر گیاه بر بافت رسوبی نبکا، Wang et al. (2010) معتقدند که تفاوت در رسوبات دانه ریز و دانه درشت می‌تواند منعکس کننده نوسانات بادی و قابلیت حمل رسوبات در منطقه باشد. در دوره‌هایی که منطقه فرسایش شدید بادی را تجربه می‌کند محتوای رسوبات موجود در نبکاها دانه درشت و در دوره‌هایی با شرایط بادی آرام درصد رسوبات دانه ریز افزایش می‌یابد (Dougill and Thomas, 2002). منطقه مورد مطالعه سالانه تحت تأثیر جریان‌های بادی پر انرژی زیادی بوده (برای مثال بادهای ۱۲۰ روزه سیستان) و این بادهای پرانرژی سبب خروج ذرات دانه درشت (گراول و ماسه درشت) از تپه نبکا و باقی‌ماندن ذرات دانه ریز به هم چسبنده در اطراف گیاهان می‌شوند. با توجه به حداقل و حداکثر میانگین ذرات در نبکاها می‌توان در نظر گرفت که مسافت حمل و نقل این رسوبات طولانی بوده و یا شرایط محیط رسوبگذاری به گونه‌ای است که سبب کاهش انرژی محیط و رسوبگذاری ذرات دانه ریز (ماسه ریز ، سیلت و رس) شده است. برخلاف انتظار، برخی از نبکاهای تشکیل شده توسط بعضی درختچه‌ها دارای کج‌شدگی منفی هستند که چگونگی تشکیل آن حایز اهمیت است. این کج شدگی می تواند با تغییر جریان‌های بادی و منشاء متفاوت رسوبات در ارتباط باشد (McLaren and Bowles, 1985). جریان‌های بادی قوی در منطقه باعث ورود رسوبات دانه درشت (گراول و ماسه درشت) و تجمع آنها در اطراف تپه‌ها می‌شود. بنابراین، با توجه به اینکه نقطه مد در اغلب نمودارهای هیستوگرام در ماسه ریز تا بسیار ریز قرار دارد لذا مقدار اندک ماسه متوسط تا درشت در نمونه‌ها سبب شده که دنباله نمودار به سمت ذرات دانه درشت‌تر تمایل یابد و به نوعی کج‌شدگی منفی را سبب شود. جورشدگی حاصل از رسوبگذاری انتخابی ذرات تحت تأثیر سرعت باد و نرخ‌های متفاوت در حمل و نقل رسوب است. فاکتور جورشدگی در اغلب نبکاهای مورد مطالعه متوسط تا خوب است زیرا رسوبات دانه درشت توسط جریان‌های باد از نبکاها دور شده و رسوبات دانه ریز به علت خاصیت چسبندگی در بین نبکا باقی‌مانده است. مطالعه نمودارهای هیستوگرام نبکاهای شهداد نشان می‌دهد که اغلب نمونه‌ها یونی‌مدال بوده که مراکز تجمع آنها نشان دهنده جورشدگی خوب رسوبات هستند. نمونه های بایمدال و پلی‌مدال می تواند در ارتباط با منشأ متفاوت ذرات در منطقه باشد (موسوی حرمی، ۱۳۹۳). در برخی نمودارها (برای مثال نمونه N2, N7, N9, N15, N22) کشیدگی و جورشدگی با یکدیگر همخوانی ندارند که این امر می تواند با پلی‌مدال و یا بایمدال بودن نمونه‌ها در ارتباط باشد به‌طوری که بررسی کشیدگی و ارتباط آن با جورشدگی در نمودارهای بایمدال و پلی‌مدال فاقد ارزش است (برای مثال ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶الف). رژیم‌های متفاوت جریان‌های بادی سبب تغییراتی در بافت رسوبی می‌شود به گونه‌ای که درختان به عنوان یک سد در مقابل وزش باد عمل کرده و باعث ایجاد تغییراتی در شدت باد و نهایتاً اندازه دانه شده اند. به عبارت دیگر، همزمان با استقرار و پایداری نبکاها، الگوی حمل و نقل رسوبات نیز تغییر می کند و دالان‌هایی در بین نبکاها ایجاد می‌شود (e.g., Gillies et al., 2014; Xue et al., 2015). با این وجود بایستی توجه داشت که در برخی موارد هسته اولیه ایجاد دالان‌ها توسط جریان‌های آبی موقتی در منطقه بوده است. سرعت باد در این دالان‌ها به علت افزایش تمرکز خطوط جریانی، بیشتر است بنابراین، رسوبات دانه ریز فرسایش یافته و رسوبات درشت‌تر (ماسه درشت و گراول) باقی می‌مانند. میانگین رسوبات بین نبکا (دالان‌ها) از ماسه‌ی متوسط تا گراول متغیر است که توسط جریان آبی و بادی از نواحی نزدیک به منشأ آورده شده‌اند. دانه‌ها در اندازه‌های مختلف به روش‌های متفاوتی حرکت می‌کنند و این اختلاف در نوع حرکت باعث می‌شود که یک جدایی در اندازه و شکل دانه‌ها به وجود آید. از این‌رو، با گذر زمان یک جورشدگی انتخابی توسط رژیم باد در بین رسوبات رخ می‌دهد به گونه‌ای که رسوبات دانه ریز در طی فرسایش بادی از محیط خارج شده و رسوبات دانه درشت به‌صورت یک سنگ‌فرش رویی در بین نبکاها برجای گذاشته می شوند (e.g., Dougill and Thomas, 2002). رسوبات دانه درشت‌تر که از جورشدگی بالایی برخوردار هستند، به مانند لایه‌ای محافظ بر روی رسوبات دانه ریز قرارگرفته و از فرسایش آنها جلوگیری می کنند (شکل ۶). به همین دلیل رسوبات بین نبکا در عمق بیش از ۲ سانتی‌متر برخلاف رسوبات سطحی از جورشدگی پایینی برخوردار هستند.



شکل۶- نمایی از رسوبات سطحی بین نبکا و داخل نبکا. A) رسوبات بین نبکا که توسط جریان آب به منطقه وارد شده‌اند، در این نهشته‌ها اجزا در اندازه پبل به خوبی قابل مشاهده هستند؛ B) رسوبات بین نبکا که توسط جریان باد به خوبی تفکیک شده‌اند و جورشدگی بالایی دارند؛ C) رسوبات تشکیل دهنده نبکا در اندازه ماسه ریز تا سیلت، این رسوبات از جورشدگی بالایی برخوردار هستند.

به‌طور کلی مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که شکل دانه ارتباط مستقیم با ترکیب دانه، نوع حرکت و مسافت حمل شده دارد. مطالعه دانه‌ها توسط میکروسکوپ باینوکلار نشان می‌دهد که اغلب رسوبات نبکا و بین نبکا ترکیبی از انواع خرده‌سنگ‌ها همراه با مقداری کوارتز و فلدسپار دارند. رسوبات دانه درشت در اندازه پبل (خرده سنگ‌های رسوبی و آذرین) که باد قادر به حمل آنها نیست اغلب زاویه‌دار بوده و تنها بر اثر برخورد ذرات ماسه با سطح آن، بافتی سطحی کدری به دست آورده است. با این وجود، گردشدگی نسبی در برخی از پبل‌ها متاثر از حرکت آنها توسط جریان‌های آبی موقتی در ناحیه است. رسوبات دانه درشتی که باد قادر به حمل آنها بوده (اغلب در اندازه ماسه درشت و گرانول) عمدتاً به صورت غلطشی و جهشی حرکت کرده و به علت سطح برخورد بالا، به صورت گردشده در آمده‌اند. این دانه‌ها اغلب در رسوبات بین نبکا مشاهده می‌شود که به صورت لایه سطحی و با جورشدگی خوب، بر روی رسوبات دانه ریزتر زیر سطحی قرار گرفته‌اند. رسوبات داخل نبکا که عمدتا در اندازه ماسه متوسط تا ریز بوده (اندازه ۰/۵ تا ۱/۵ فی)، در طی حمل و نقل توسط باد و سایش از خرده سنگ‌ها جدا شده و بر حسب مقاومت در برابر فرسایش، به صورت نیمه زاویه‌دار تا نیمه گرد شده و بعضاً کروی مشاهده می‌شوند. این دانه ها اغلب از جنس ذرات مقاوم کوارتز بوده که به‌صورت نیمه گرد شده- گرد شده مشاهده می‌شود که این امر گواهی بر مسافت طولانی حمل و نقل این رسوبات است.

۵- نتیجه‌گیری

گیاهان میزبان نبکا در منطقه دشت شهداد اغلب گونه‌های گز، کهور و ترات هستند. مطالعات صحرایی نشان می‌دهند که شکل نبکا تابعی از اندازه و میزان رشد گیاه میزبان بوده و عملکرد گونه‌های گیاهی مختلف در مقابل رسوبات بادی متفاوت است. گونه گز به دلیل ویژگی‌های زیستی و انشعابات متعدد در اطراف ساقه اصلی در به دام انداختن رسوبات توانایی بیشتری نسبت به دیگر گونه‌های گیاهی منطقه دارد. پارامترهای مورفولوژیکی نبکا (طول، عرض و ارتفاع) با میزان رشد گیاه گز و ترات رابطه مستقیم داشته اما با گیاه کهور رابطه معناداری را نشان نمی‌دهد. اگرچه گیاهان در به دام انداختن رسوبات ظرفیت‌های مختلفی را نشان می‌دهند اما این اختلاف تأثیر چندانی در پارامترهای رسوب‌شناسی نبکاهایی با پوشش گیاهی مختلف نخواهد داشت و اغلب رسوبات نبکا در اندازه ماسه ریز هستند. پارامترهای رسوب‌شناسی در رسوبات تشکیل دهنده نبکا و بین نبکا نشان دهنده رسوبگذاری تحت تأثیر جورشدگی انتخابی توسط جریان باد در منطقه است. گیاهان نقش مؤثری در تفکیک رسوبات بادی ایفا می‌کنند به طوری که که پارامترهای رسوبی در رسوبات نبکا شاهدی بر کاهش سرعت باد در منطقه و رسوبگذاری ذرات دانه ریز ماسه در سرعت کم باد است. گردشدگی بالا در دانه‌های کوارتز در اندازه ماسه بسیار ریز- ماسه ریز حاکی از مسافت حمل طولانی رسوبات تشکیل دهنده نبکاها است. ویژگی پارامترهای رسوبی در رسوبات بین نبکا شاخص رسوبگذاری در سرعت بالا و مسافت کوتاه حمل و نقل آنهاست.

سپاسگزاری

نویسندگان لازم می‌دانند تا از گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد به سبب فراهم آوردن امکانات (طرح پژوهشی شماره ۳/۴۱۷۷۲) قدردانی نمایند. از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور نیز به پاس همکاری در برداشت اطلاعات و انجام آنالیزها تشکر و سپاسگزاری می گردد.

کتابنگاری

ابراهیمی میمند، س.، خانه‌باد، م. و زندمقدم، ح.، ۱۳۹۶الف- بررسی پارامترهای رسوب‌شناسی نبکاهای دشت شهداد واقع در شرق کرمان، سومین همایش انجمن رسوب شناسی ایران، صص. ۱۴ تا ۱۹.

ابراهیمی میمند، س.، خانه‌باد، م.، زندمقدم، ح. و محبوبی، ا.، ۱۳۹۶ب- تأثیر پوشش گیاهی بر پارامترهای رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژیکی در نبکاهای شمال شهداد، پنجمین همایش ملی انجمن ژئومورفولوژی ایران، صص. ۵۳۱تا ۵۳۵.

امامی‌نسب، م. و اولادی، ر.، ۱۳۹۳- بررسی تطبیق آناتومی چوب چهار گونه‌ی درختچه‌ای در منطقه سراب، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۲، صص. ۴۳۷ تا ۴۵۲.

پورخسروانی، م.، ۱۳۹۴- بررسی نقش پوشش گیاهی در تشکیل و تکامل نبکاهای کویر انار، فصلنامه کواترنری ایران، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۱. صص. ۴۵ تا ۵۵.

توکلی، ح.، پاریاب، ع.، قادری، غ. و دشتی، م.، ۱۳۸۴- بررسی برخی از خصوصیات بوم شناختی گیاه رمس (Hammada salicornica)، نشریه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۱۲، شماره ۳. صص. ۲۱۱ تا ۲۳۲.

جعفرپور، ا.، الهامی‌راد، ا. و میرسعید قاضی، ح.، ۱۳۹۵- بررسی و شناسایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه کهور (PROSOPIS FARCTA)، نشریه‌ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی، سال هشتم، شماره ۴. صص. ۴۵ تا ۵۵ .

زندمقدم، ح.، ۱۳۹۵- پهنه بندی دشت شهداد از دیدگاه رسوب شناسی و ژئومورفولوژی. دومین همایش انجمن رسوب شناسی ایران، صص. ۱۸۸ تا ۱۹۳.

سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶- داده‌های دمای اندازه‌گیری شده در منطقه شهداد از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۶. برگرفته از بخش آمار سازمان هواشناسی کرمان.

مصلح آرانی، ا.، سودایی زاده، ح.، عظیم زاده، ح. و اختصاصی، م.، ۱۳۸۹- معرفی گیاهان تشکیل دهنده نبکا و بررسی واکنش‌های متفاوت آنها در رسوبات ماسه بادی. دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.

مقصودی، م.، نگهبان، س.، باقری سید شکری، س. و چزغه، س.، ۱۳۹۱- مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبکاهای چهار گونه‌ی گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد- دشت تکاب). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، صص. ۵۵ تا ۷۶.

موسوی حرمی، ر.، ۱۳۹۳- رسوب شناسی، چاپ چانزدهم، انتشارات به نشر آستان قدس رضوی، ۴۷۴ ص.

نگهبان، س.، یمانی، م.، مقصودی، م. و عزیزی، ق.، ۱۳۹۲- بررسی تراکم، ژئومورفولوژی و پهنه‌بندی ارتفاعی نبکاهای حاشیه‌ی غربی دشت لوت و تأثیرات پوشش گیاهی بر مورفولوژی آن‌ها، پژوهش‌های کمی، سال اول، شماره‌ی ۴، صص. ۱۷ تا ۴۲.

وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۱- پوشش گیاهی ناحیه شهداد، منابع پایه و اجتماعی- اقتصادی مدیریت مشارکتی منابع طبیعی و توسعه روستایی ترسیب کربن (تعمیم ترسیب کربن) در منطقه شهداد کرمان، گزارش پوشش گیاهی، جلد ششم، صص. ۲۰ تا ۲۱.

References

Boggs, S., 2009- Petrology of Sedimentary Rocks, second edition, Camberidge university press, 599 PP.

Dougill, A. J. and Thomas, A. D., 2002- Nebkha dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana: formation controls and their validity as indicators of soil degradation. Journal of Arid Environments, 50(3): 413-428.

Du, J., Yan, P. and Dong, Y., 2010- The progress and prospects of nebkhas in arid areas. Journal of Geographical Sciences, 20(5): 712-728.

El-Bana, M. I., Nijs, I. and Kockelbergh, F., 2002- Microenvironmental and vegetational heterogeneity induced by phytogenic nebkhas in an arid coastal ecosystem. Plant and Soil, 247(2): 283-293.

El-Sheikh, M. A., Abbadi, G. A. And Bianco, P. M., 2010- Vegetation ecology of phytogenic hillocks (nabkhas) in coastal habitats of Jal Az-Zor National Park, Kuwait: Role of patches and edaphic factors. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 205(12): 832-840.

Folk, R. L. 1980- Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company, 183 PP.

Gillies, J. A., Nield, J. M. and Nickling, W. G., 2014- Wind speed and sediment transport recovery in the lee of a vegetated and denuded nebkha within a nebkha dune field. Aeolian Research, 12: 135-141.

Hamdan, M. A., Refaat, A. A., Anwar, E. A. and Shallaly, N.A., 2015- Source of the aeolian dune sand of Toshka area, southeastern Western Desert, Egypt. Aeolian Research, 17: 275-289.

Hanson, P. R., Joeckel, R. M., Young, A. R. and Horn, J., 2009- Late Holocene dune activity in the Eastern Platte River Valley, Nebraska. Geomorphology, 103(4): 555-561.

Herrmann, H. J., Durán, O., Parteli, E. J. and Schatz, V., 2008- Vegetation and induration as sand dunes stabilizators. Journal of Coastal Research, 24: 1357-1368.

Hesp, P. A., 1981- The formation of shadow dunes. Journal of Sedimentary Research, 51(1): 101-111.

Jia, X. H., and Li, X. R., 2008- Spatial pattern of sand-mound of Nitraria in different habitat at the southeastern fringe of the Tengger Desert. Huan jing ke xue Huanjing kexue, 29(7): 2046-2053.

Khalaf, F. I., Misak, R. and Al-Dousari, A., 1995- Sedimentological and morphological characteristics of some nabkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabian Journal of Arid Environments, 29(3): 267-292.

Khalaf, F. l., Al-Hurban, A. E. and Al-Awadhi, J., 2014- Morphology of protected and nonprotected Nitraria retusa coastal nabkha in Kuwait, Arabian Gulf: A comparative study. Catena 115: 115-122.

Laity, J. J., 2009- Deserts and desert environments. John Wiley and Sons, 342 PP.

Lancaster, N. and Baas, A. C. W., 1998- Influence of vegetation cover on sand transport by wind: Field Studies at Owens Lake, California, Earth Surface Processes and Landforms, 23(1): 69-82.

Lang, L., Wang, X., Hasi, E. and Hua, T., 2013- Nebkha (coppice dune) formation and significance to environmental change reconstructions in arid and semiarid areas. Journal of Geographical Sciences, 23(2): 344-358.

Langford, R. P., 2000- Nabkha (coppice dune) fields of south-central New Mexico, USA. Journal of Arid Environments, 46(1): 25-41.

Leenders, J. K., Van Boxel, J. H. and Sterk, G., 2007-The effect of single vegetation elements on wind speed and sediment transport in the Sahelian zone of Burkina Faso. Earth Surface Processes and Landforms, 32(10): 1454-1474.

Li, J., Zhao, C., Zhu, H., Li, Y. and Wang, F., 2007- Effect of plant species on shrub fertile island at an oasis–desert ecotone in the South Junggar Basin, China. Journal of Arid Environments, 71(4): 350-361.

McLaren, P. and Bowles, D., 1985- The effects of sediment transport on grain-size distributions. Journal of Sedimentary Research, 55(4): 457-470.

Mountney, N. P. and Russell, A. J., 2006- Coastal aeolian dune development, Solheimasandur, southern Iceland. Sedimentary Geology, 192(3-4): 167-181.

Pang, K. N., Chung, S. L., Zarrinkoub, M. H. and Mohammadi, S. S., 2012- Age, geochemical characteristics and petrogenesis of Late Cenozoic intraplate alkali basalts in Lut-Sistan region, eastern Iran. Chemical Geology,306: 40-53.

Qasem, J. R., 2007- Chemical control of Prosopis farcta (Banks and Sol.) Macbride in the Jordan valley. Crop Protection, 26(4): 572-575.

Saadat, S., Karimpour, M. and Stern, C., 2010- Petrochemical characteristics of Neogene and quaternary alkali olivine basalts from the western margin of the Lut Block, Eastern Iran. Iran Journal Earth Sciences 2: 87-106.

Stocklin, E., Eftekharnejad, G. and Hoshmandzadeh, A., 1971- Initial investigation of central Lut block, eastern Iran, Rport No. 22, Geological Survey of Iran.

Tengberg, A. and Chen, D., 1998- A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso. Geomorphology, 22(2): 181-192.

Thomas, D. S. and Wiggs, G. F., 2008- Aeolian system responses to global change: challenges of scale, process and temporal integration. Earth Surface Processes and Landforms, 33(9): 1396-1418.

Tilk, M., Mandre, M., Klõšeiko, J. and Kõresaar, P., 2011- Ground vegetation under natural stress conditions in Scots pine forests on fixed sand dunes in southwest Estonia. Journal of Forest Research, 16(3): 223-227.

Tsoar, H., 2001- Types of aeolian sand dunes and their formation. In: Balmforth, N.J, Provenzale A′ (eds), Geomorphological Fluids Mechanics. New York: Lecture Note in Physics, Springer, 582: 403–429.

Tucker, M. E., 2001-Sedimentary Petrology (Second edition), Blackwell, 272 pp.

Van der Stole, C. D., Van der Putten, W. H. and Duyts, H., 2002- Development of a negative plant-soil Feedback in the Expansion Zone of the Clonalgrass Ammophila Arenaria Following Root Formation and Nematode Colonization, Journal of Ecology: 90 (6):978-988.

Wang, X., Wang, T., Dong, Z., Liu, X. and Qian, G., 2006- Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China. Journal of Arid Environments, 65(1): 129-141.

Wang, X., Zhang, C., Zhang, J., Hua, T., Lang, L., Zhang, X. and Wang, L., 2010- Nebkha formation: Implications for reconstructing environmental changes over the past several centuries in the Ala Shan Plateau, China. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 297(3-4): 697-706.

Xia, X. C., Zhao, Y. J., Wang, F. B., Mu, G. J. and Zhao, J. F., 2004- Characteristic of layer shape and significance of possible chronology of Tamarix ramosissima sand-hillock. Chinese Science Bulletin, 49(13), 1337-1338.

Xue, J., Lei, J. Q., Li, S. Y., Wang, C., Zhou, J. and Mao, D. L., 2015- Variability of Grain Size of Surface Sand on Nebkhas at the Southern Fringe of the Taklimakan Desert, China. In Advanced Materials Research. 1092-1093: 1275-1282.

Yousefi, S. J., Moradian, A. and Ahmadipour, H., 2017- Petrogenesis of Plio-Quaternary basanites in the Gandom Beryan area, Kerman, Iran: geochemical evidence for the low-degree partial melting of enriched mantle. Turkish Journal of Earth Sciences, 26(4): 284-301.

Zhang, P., Yang, J., Zhao, L., Bao, S. and Song, B., 2011- Effect of Caragana tibetica nebkhas on sand entrapment and fertile islands in steppe–desert ecotones on the Inner Mongolia Plateau, China. Plant and soil, 347(1-2): 79-90.

Analysis of sedimentary texture and effects of vegetation in the Nebkha dunes of Shahdad, eastern Kerman: Application in the formation mechanism

S. Ebrahimi Meymand[1], H. Zand-Moghadam[2], M. Khanehbad[3*], A. Mahboubi[4] and Gh. Hosseinyar[5]

[1]M. Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

[3]Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[4]Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[5]Ph.D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2018 May 07 Accepted: 2018 October 13

Abstract

Nebkhas are one of the aeolian dunes that play an important role in wind erosion by stabilizing sediments around plants. Due to the depression of northern Shahdad plain (eastern Kerman), the sever wind impact, high rate of sediment supply and the presence of desert plants, nebkhas have expanded. In this study in order to achieve the formation of nebkha in the Shahdad plain, sedimentological parameters and the effect of vegetation on nebkha geomorphology have been investigated. Due to the expansion of the study area and the different geomorphology of the nebkha, 30 nebkha were sampled along with sediments between them. The analysis of these sediments shows that nebkha sediments are often fine sand sizes that are well-sorted and rounded. However, sediments between nebkha often have a range between gravel (pebble) and fine silt which are subdivided into either surface and sub-surface sediments (depth greater than 2 centimeters). Surface sediments are often coarse grains (granule to coarse sand) and have relatively well roundness and sorting. Field investigations and analyses have shown that genus and plant species are important in the geomorphology of nebkhas in the Shahdad plain but the effect of vegetation on the sedimentary parameters is insignificant. This is due to the fact that the three types of vegetation identified (*Tamarix stricta, Seditzia rosmarinus, Prosopis farcta*), the highest levels of nebkha is for *Tamarix stricta* but the sedimentary parameters with different vegetation are not significantly different.

Keywords: Nebkha, Sedimentology, Geomorphology, Shahdad Plain, Kerman.

For Persian Version see pages 27 to 38

*Corresponding author: M. Khanehbad; E-mail: mkhanehbad@ferdowsi.um.ac.ir