

آنالیز بافت رسوبی و تأثیر پوشش گیاهی در تپه‌های نیکای شهداد، شرق کرمان: کاربرد 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

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

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

^۳استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۴استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۵دکتر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

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

چکیده

نیکاهای 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، نیکاهای از پراکندگی بالایی برخوردار هستند. در این تحقیق جهت دستیابی به ساز و کار تشکیل نیکاهای دشت شهداد، پارامترهای رسوب شناسی و تأثیر پوشش گیاهی بر ژئومورفولوژی نیکاهای بررسی شده است. با توجه به گسترش ناحیه مورد مطالعه و ژئومورفولوژی متفاوت نیکاهای، تعداد ۳۰ نیکا به همراه رسوبات بین آنها نمونه برداری شده است. آنالیز این رسوبات نشان می‌دهد که رسوبات نیکا اغلب در اندازه ماسه ریز بوده که از جورشدگی و گرد شدگی خوبی نیز برخوردار هستند. در حالی که رسوبات بین نیکاهای اغلب دامنه‌ای بین سیلت ریز تا گراول (پیل) دارند که به دو صورت رسوبات سطحی و زیر سطحی (عمق بیش از ۲ سانتیمتر) تقسیم بندی می‌شوند. اغلب رسوبات سطحی دانه درشت (ماسه درشت، گرانول) بوده و از گرد شدگی و جورشدگی نسبتاً خوبی برخوردار هستند. مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که جنس و گونه گیاهی در ژئومورفولوژی نیکاهای 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 نیکاهای مربوط به نیکاهای با پوشش گز بوده اما تأثیر نوع پوشش گیاهی در پارامترهای رسوب شناسی ناچیز است و تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد.

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

*نویسنده مسئول: محمدخانه‌باد

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

۱- پیش‌نوشتار

رسوبی نیکاهای 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 نیکا به عملکرد گیاه، اندازه، تراکم و ویژگی‌های زیستی آن بستگی دارد (El-Bana et al., 2002). نیکاهای دشت شهداد یکی از زیباترین مناظر بیابانی هستند که بعضاً بزرگ‌ترین نیکاهای 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 نیکاهایی 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. نیکاهای شهداد تاکنون تحت مطالعات ژئومورفولوژیکی مختلفی قرار گرفته‌اند (برای مثال، مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲). اما هنوز مطالعات رسوب شناسی درخور توجهی در آنها انجام نشده است از این رو هدف از انجام این تحقیق بررسی پارامترهای رسوب شناسی (بافت و ساخت رسوبی) نیکاهای و ارتباط آنها با پوشش گیاهی و پارامترهای ژئومورفولوژیکی است. بررسی پارامترهای رسوب شناسی 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 رسوب شناسی می‌تواند جهت ساز و کار تشکیل نیکاهای و بحث فرسایش و رسوب در منطقه حایز اهمیت باشد.

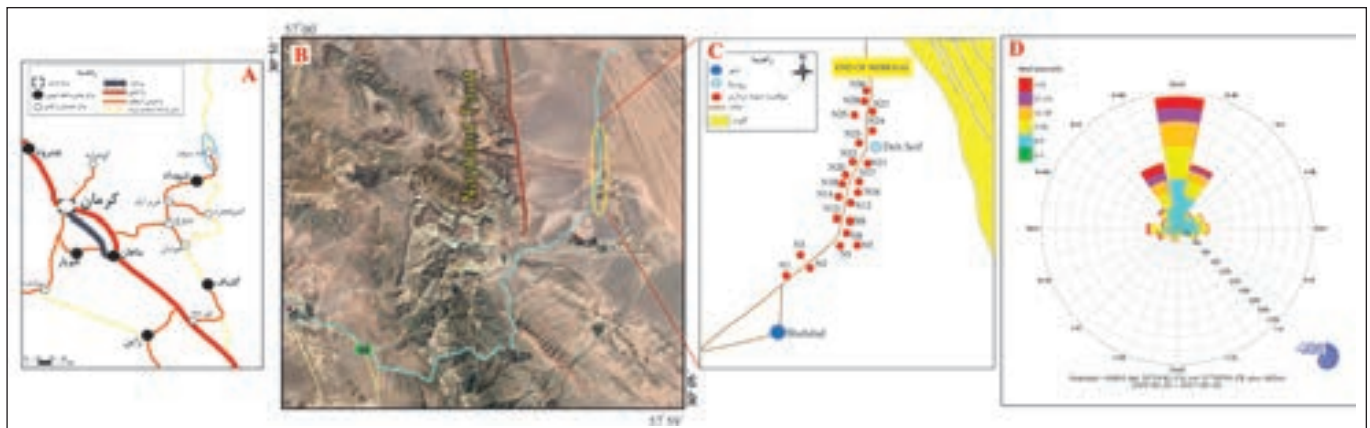
ماسه‌های بادی در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی به ویژه در دوره کواترنر از جایگاه خاصی برخوردار هستند. در بیابان‌های خشک و نیمه خشک، رسوبات بادی جز مهمی از سیستم‌های رسوبی سطح زمین محسوب شده (Thomas and Wiggs, 2008) و فرسایش در این نواحی هر ساله خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی زیادی را به همراه دارد. 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 نیکا یاد می‌شوند (Tsoar, 2001). این تپه‌های ماسه‌ای از جمله اشکال سطحی تپیک 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). نیکاهای 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 بیژئومورفولوژی 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 ایستایی 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 نیکاهای در تغییرات محیطی، در دهه‌های گذشته نیکاهای در اقصی نقاط دنیا مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در بیشتر نقاط دنیا نیکاهای جز اشکال سطحی عهد حاضر و نسبتاً جدید هستند. ایجاد آنها بسیار وابسته به شرایط محیطی، در دسترس بودن رسوبات و نوع پوشش گیاهی است (Laity, 2009; Xue et al., 2015). آنالیز پارامترهای

۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

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

پنج پهنه رسوبی مخروط افکنه، رسوبات وادی، دشت سریر، پلایاها و تپه‌های ماسه‌ای در رسوبات عهد حاضر دشت شهداد است. نیکاهای 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 $30^{\circ} 27' 20.7''$ N و $57^{\circ} 43' 6.40''$ E تا $30^{\circ} 36' 12.80''$ N و $57^{\circ} 46' 6.30''$ 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 جابه‌جایی 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).

سیستان و بلوچستان و کرمان قرار گرفته و منطقه مورد مطالعه بخش کوچکی در جنوب غربی بلوک لوت (شرق کرمان) را شامل می‌شود. بلوک لوت با روندی شمالی- جنوبی توسط دو گسل اصلی نهبندان (حداصل شرقی با زون سیستان) و ناینند (حداصل غربی با بلوک طیس) با روند شمالی- جنوبی مشخص می‌شود (Stocklin et al, 1971; Pang et al., 2012; Yousefi et al., 2017). توالی رسوبی بلوک لوت اساساً جوان‌تر از پرمین بوده و اغلب از نهشته‌های کربناته کم‌عمق دریایی، شیل و ماسه‌سنگ تشکیل شده‌اند (Stocklin et al, 1971; Saadat et al., 2010). رسوبات قاره‌ای نوژن-کواترنری، تپه‌های ماسه‌ای کواترنری، کنه‌های نمکی و رسوبات آبرفتی محدوده وسیعی از بلوک لوت را در بر گرفته 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 نیکاه‌ها را به وجود آورده است که در کمتر نقطه‌ای از فلات ایران می‌توان مشاهده کرد. شهداد در فاصله ۹۵ کیلومتری از کرمان قرار دارد و بهترین مسیر موجود برای دسترسی به منطقه مورد مطالعه جاده آسفالتی کرمان- سیرج- شهداد است (شکل ۱- A). مطالعات زنده‌مقدم (۱۳۹۵) منعکس‌کننده



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

۳- روش مطالعه

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 نیکا و ۱۰ نمونه بین نیکا 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 نیکا در اندازه‌های صفر تا ۱/۵ فی و ۵ نمونه از رسوبات بین نیکا در اندازه ۱- تا ۱/۵ فی در زیر میکروسکوپ باینوکلار به صورت جداگانه بررسی شده‌اند.

در مطالعات صحرائی، با توجه به گسترش ناحیه مورد مطالعه، گونه گیاهان موجود و ارتفاع نیکاه‌ها؛ از تعداد ۳۰ نیکا نمونه برداری شده است. از آنجایی که نیکاهای ایجاد شده توسط گونه گز مرتفع‌ترین نیکاهای منطقه را تشکیل می‌دهند نمونه برداری از این نیکاه‌ها در جهت رو به باد و پشت به باد صورت گرفته است و در مجموع ۴۱ نمونه برداشت شده از نیکاه‌ها 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 نیکاه‌ها نیز برداشت شده است. نمونه برداری از نیکاه‌ها به گونه‌ای انتخاب شده است که تمام منطقه پوشش داده شود. در حین نمونه برداری طول، عرض و ارتفاع هر نیکا توسط متر اندازه‌گیری و موقعیت هر نیکا توسط GPS ثبت شده است (شکل ۱- C). جهت آتالیز اندازه دانه‌ها از روش غربال خشک (در آزمایشگاه رسوب‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان) استفاده شده

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 آرائی 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 صحرائی، از مجموعه گیاهان موجود در منطقه خانواده Tamaricaceae با جنس و گونه *Tamarix stricta* با نام فارسی «کرگز»، خانواده Chenopodiaceae با جنس و گونه *Hammada salicornica* با نام فارسی «ترات» و خانواده Fabaceae با جنس و گونه *Prosopis farcta* 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 «کرگز» گونه‌های متعددی دارد و اغلب آنها مخصوص نواحی پست و شوره‌زار هستند. «کرگز» 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 کرگز در منطقه شهداد دارای سه گونه مختلف کرگز، سرخ‌گرز و شاه‌گرز است. در بین این سه گونه «کرگز» مرتفع‌ترین نبکاها را ایجاد می‌کند که اغلب پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه ما از نوع «کرگز» است. این گیاهان توانایی رشد تا ارتفاع ۱۲ متر را دارند (شکل ۲- A). درخت «کهور» جز درختان متوسط‌القامت است. این گیاه، بوته کوتاه، 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 صحرائی مشاهده شده است درختان کرگز در به دام انداختن رسوبات عملکرد بهتری را نسبت به گونه‌های کهور و ترات نشان می‌دهند. نبکاهای تشکیل شده توسط درختان گونه کرگز 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 کرگز 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).



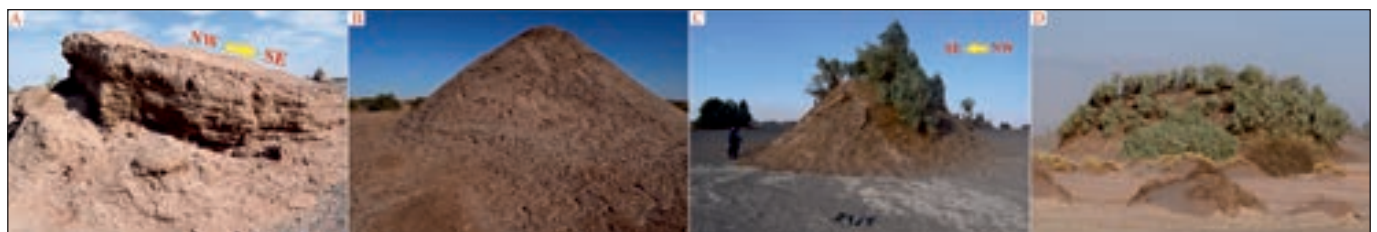
شکل ۲- پوشش گیاهی و نبکاهای ایجاد شده توسط گونه‌های گیاهی مختلف در منطقه. A) نمایی از گیاه کرگز (با انشعابات متعدد در اطراف ساقه اصلی؛ B) نمایی از گیاه کهور با رشدی بالغ بر ۴ متر؛ C) نمایی از گیاه ترات که از فراوانی بالایی برخوردار است؛ D) نبکای ایجاد شده توسط گونه گیاهی کرگز، ارتفاع این نبکا به ۱۰ متر 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.

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 نیکا می‌توان جهت باد را تشخیص داد. این نیکاهای دو نوع نیکای نیم کره‌ای و مخروطی تقسیم‌بندی می‌شوند. درختچه‌هایی که به صورت عمودی رشد می‌کنند و دارای انشعابات زیادی هستند یک نیکای مرتفع و به شکل مخروطی را ایجاد می‌کنند درحالی‌که، درختچه‌هایی که به صورت افقی رشد می‌کنند و تعداد انشعابات آنها کم است یک نیکای کم ارتفاع و به شکل نیم کره را به وجود می‌آورند (برای مثال Hesp, 1981). این نیکاهای اغلب در قسمت‌های شمالی موقعیت نمونه برداری مشاهده شده‌اند و نیکاهای مخروطی ارتفاع بیشتری نسبت به نیکاهای نیم کره‌ای دارند (شکل‌های ۳-C و D).

یکی دیگر از انواع نیکاهای ایجاد شده در دشت شهداد نیکاهای غیر فعال محسوب می‌شوند (شکل‌های ۳-A و B). در مطالعات صحرایی مشاهده شده است که این نیکاهای با از دست دادن گیاه میزبان شکل نامنظمی پیدا کرده و به راحتی توسط عوامل فرسایشی همچون آب و باد تخریب می‌شوند. نیکاهای دشت شهداد از اشکال ژئومورفولوژیکی متنوعی برخوردار هستند. به طور کلی قسمت رو به باد نیکاهای نسبتاً شیب‌دار و قسمت پشت به باد آن نسبتاً کم شیب 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 نیکاهای با دیگر نقاط تفاوت دارد. در برخی نیکاهای شیب تپه در همه جهات تقریباً یکسان است به گونه‌ای که نمی‌توان قسمت رو به باد و پشت به باد

جدول ۱- نوع پوشش گیاهی ناحیه مورد مطالعه.

خانواده	جنس و گونه	نام محلی	فرم رویشی	دامنه ارتفاع نیکا
Tamaricaceae	<i>Tamarix stricta</i>	گز	گیاهان درختچه‌ای	1m-12m
Chenopodiaceae	<i>Hammada salicornica</i>	ترات	گیاهان درختچه‌ای	15cm-50cm
Fabaceae	<i>Prosopis farcta</i>	کهور	گیاهان درختچه‌ای	15cm-1m



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

مد فاقد ارزش است اما در نمونه‌های یونی مدال ۱۲ درصد از نمونه‌ها دارای مد ۳/۵ فی، ۱۱ درصد دارای مد ۳ فی و ۱۰ درصد 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 نیکاهای 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 II است و به طور متوسط میانگین ذرات سیلت تا ماسه ریز است. با توجه به نتایج آزمایشگاهی و محاسبات آماری به جز نمونه‌های خوب برخوردار هستند. از دیگر پارامترهای رسوب شناسی بررسی نحوه کچ شدگی رسوبات است. در واقع کچ شدگی نشان دهنده مقدار ذراتی است که نسبت به ذرات اصلی از فراوانی بسیار کمتری برخوردار هستند و در دنباله نمودارهای توزیع عادی

۳-۲. رسوب شناسی نیکاهای

میزان رسوبات و نرخ تأمین رسوب در نواحی بیابانی می‌تواند به عنوان دومین عامل مهم در تشکیل نیکا 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 نیکاهای جزو پارامترهای مهم و ضروری به شمار می‌رود که در ادامه بررسی می‌شود.

– **مشخصات رسوبی نیکاهای:** پارامترهای اندازه دانه برای ۴۱ نمونه غربال شده رسوبات نیکا (مد، میانه، میانگین، جورشدگی، کچ شدگی و کشیدگی) محاسبه شده و در جدول ۲ آورده شده است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهند که ۴۹ درصد نمونه‌ها یونی مدال، ۳۴ درصد بایمدال و ۱۷ درصد پلی مدال هستند. همان گونه که داده‌های جدول نشان می‌دهند در ۵۱ درصد نمونه‌ها به دلیل بایمدال و پلی مدال بودن

از پهن تا بسیار کشیده (۰/۶۵-۲/۲۶۹) در تغییر است به طوری که ۳۵ درصد نمونه‌ها کشیده، ۳۰ درصد پهن، ۱۷/۵ درصد کشیدگی متوسط و ۱۵ درصد بسیار کشیده هستند.

مشاهده می‌شوند (Boggs, 2009). کج شدگی رسوبات نیکاه‌ها دامنه‌ای بین مثبت و منفی دارند به طوری که ۴۵ درصد نمونه‌ها دارای کج شدگی منفی، ۴۲/۵ درصد تقریباً متقارن و ۱۰ درصد دارای کج شدگی مثبت هستند. میزان کشیدگی نمونه‌ها

جدول ۲- آنالیز اندازه دانه‌ها و پارامترهای محاسبه شده در نیکاه‌های 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

توسط رسوبات پر شده و به صورت لوله‌هایی عمودی در بدنه نیکا قابل رویت است (شکل ۵-۵D). وزش بادهای قوی در سطح رسوبات مرطوب یا کمی چسبیده می‌تواند باعث ایجاد اشکال فرسایش بادی شود که برجستگی زیادی در سطح رسوبات نیکا نشان می‌دهد (شکل ۵-۵E). آثار قطرات باران از دیگر ساخت‌های رسوبی است که در سطح رسوبات گلی تشکیل دهنده بین نیکا که در مسیر آبراهه قرار دارند به دفعات مشاهده می‌شود (شکل ۵-۵F).

– مشخصات رسوبی بین نیکاها: رسوبات بین نیکا در اندازه‌های متفاوتی نسبت به رسوبات تشکیل دهنده نیکا 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 به طوری که بیشترین میانگین مربوط به نمونه BN 26 (۶۱/۰ فی) و کمترین میانگین مربوط به نمونه BN 24 (۲۸/۲ فی) است. آنالیزهای اندازه دانه در مجموعه رسوبات سطحی و غیر سطحی بین نیکا دامنه وسیعی از اندازه‌ها را شامل می‌شود (۲- فی تا کمتر از ۴/۵ فی) از این رو منعکس کننده جورشدگی بد، نمودار کشیدگی بسیار پهن و کج شدگی نمونه‌ها بیشتر به سمت ذرات درشت است.

بررسی‌های انجام شده توسط میکروسکوپ باینوکولار نشان می‌دهد که گردشگی و فرم ذرات در اندازه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است (جدول ۳). رسوبات نیکا در اندازه ماسه درشت را اغلب خرده سنگ‌هایی (خرده سنگ‌های رسوبی و آذرین) تشکیل می‌دهند که بیشتر به صورت نیمه‌زاویه‌دار تا گرد شده و تقریباً دیسکی و کروی هستند (شکل ۴-۴A). رسوبات در اندازه ماسه متوسط شامل کانی‌های جدا شده از خرده سنگ‌ها و کانی‌های سنگین همچون مگنتیت هستند که به صورت نیمه گرد شده تا خوب گرد شده و کروی هستند (شکل‌های ۴-۴B و ۴-۴C). ساخت‌های رسوبی در رسوبات نیکا که توسط فرآیندهای آبی یا بادی شکل گرفته‌اند شامل طبقه‌بندی موازی، طبقه‌بندی مورب و آثار ریشه و ساقه گیاهان بوده و در رسوبات بین نیکا، تول مارک‌ها و آثار قطرات باران مشاهده شده است (شکل ۵). در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای نیکا 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 نیکا به خصوص در نیکا‌های 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 ۵-۵A). طبقات مورب با زاویه زیاد (بیش از ۴۰ درجه) نیز در اثر حرکت نیکا و رسوبگذاری در قسمت پشت به باد نیکا ایجاد شده‌اند (شکل ۵-۵B). در نیکا‌های امروزی بقایای آلی گیاهان به صورت بین لایه‌ای با رسوبات تشکیل دهنده نیکا دیده می‌شوند (شکل ۵-۵C). در نیکا‌های غیر فعال که توسط باد و آب تحت تاثیر فرسایش قرار گرفته‌اند آثار و بقایای ریشه گیاهان به فراوانی قابل مشاهده است. در نیکا‌های قدیمی‌تر این آثار

جدول ۳- بررسی شکل دانه‌ها در رسوبات نیکا و بین نیکا.

رسوبات بین نیکا		رسوبات نیکا		رده بندی بر حسب فی
فرم و گرویت	گردشدگی	فرم و گرویت	گردشدگی	
دیسکی-تقریباً دیسکی	نیمه گرد شده-گرد شده	-	-	-1
تقریباً دیسکی-نیمه کشیده	نیمه گرد شده-خوب گرد شده	-	-	-0.5
کروی-نیمه کشیده	نیمه زاویه‌دار-گرد شده	تقریباً دیسکی-کروی	نیمه زاویه‌دار-گرد شده	0
تقریباً دیسکی-کروی-نیمه کشیده	نیمه گرد شده-گرد شده	کروی	نیمه گرد شده-گرد شده	0.5
کروی	نیمه زاویه‌دار-گرد شده	کروی-نیمه کشیده	نیمه گرد شده-خوب گرد شده	1
کروی-نیمه کشیده	نیمه زاویه‌دار-گرد شده	کروی	گرد شده-خوب گرد شده	1.5

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

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

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 نیکا و بررسی پارامترهای بافت رسوبی در رسوبات نیکا و بین نیکاست که در مجموع می‌تواند تحلیلی از ساز و کار تشکیل نیکاهای دشت شهداد ارائه دهد.

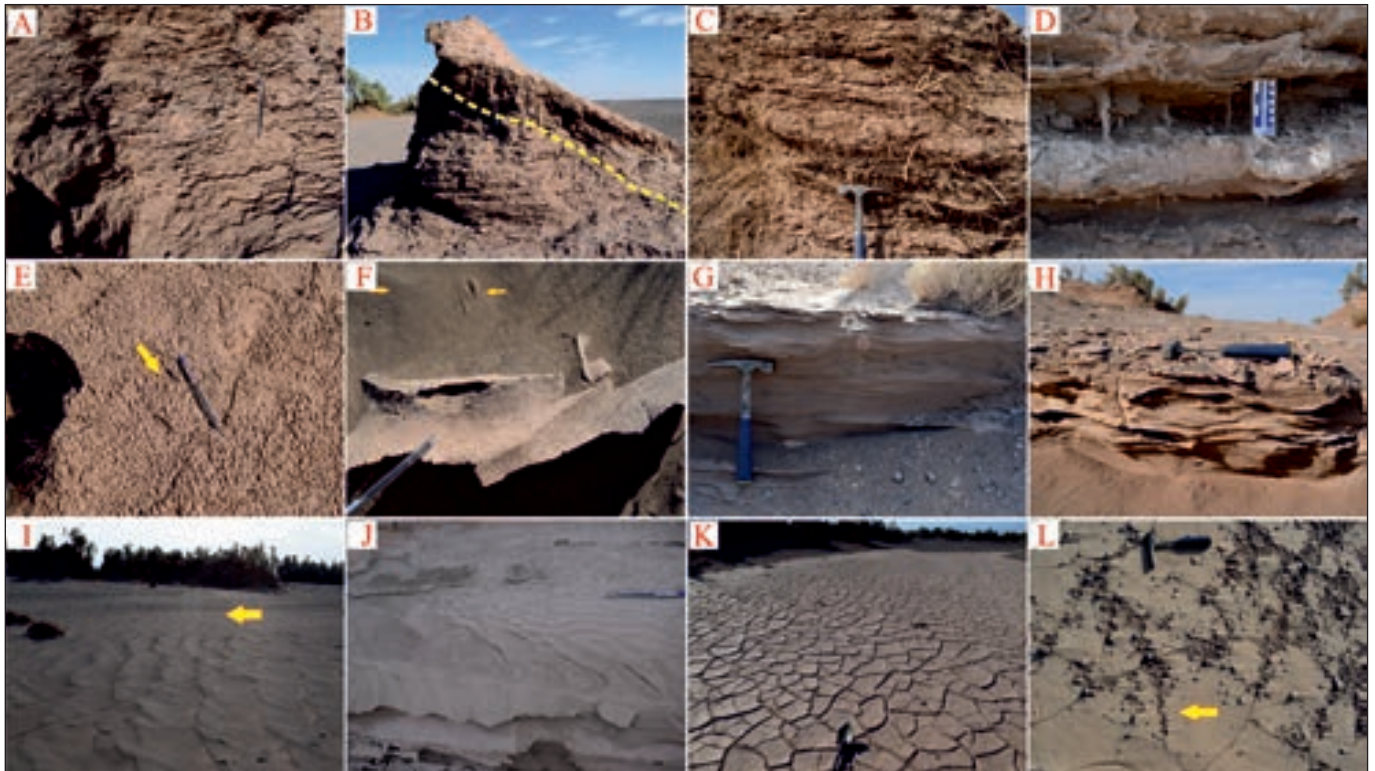
۴-۱. تأثیر گیاهان بر مورفولوژی نیکا

گیاهان نقش تله رسوبی و هسته نیکا را دارند و یک شرط لازم و اساسی برای ایجاد و گسترش نیکاهای محسوب می‌شوند (Leenders et al., 2007; Herrmann et al., 2008; Tilk et al., 2011; Zhang et al., 2011). ویژگی‌های مورفولوژیکی نیکاهای 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 نیکا 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 می‌کند (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).

رسوبات بین نیکا به لحاظ فرم و گردش‌دگی از تنوع بیشتری نسبت به رسوبات نیکا 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 دانه‌های ماسه متوسط تا ریز دانه از مهم‌ترین پارامترهای شکل دانه در این رسوبات محسوب می‌شود (شکل‌های ۴- E و F). در رسوبات بین نیکا نیز ساخت‌های رسوبی بسیار شاخصی مشاهده شده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به طبقه‌بندی مورب ریپلی و مورب عدسی، ریپل مارک‌ها، ترک‌های گلی و آثار تول (Tool-Mark) اشاره کرد (شکل ۵). در رسوبات بین نیکا طبقه‌بندی مورب ریپلی و عدسی قابل مشاهده است که اغلب در رسوبات بین نیکاهای موجود در مسیر آبراهه‌های فصلی ایجاد شده‌اند (شکل‌های ۵- G و H). در رسوبات بین نیکا در دشت شهداد ریپل مارک‌هایی با خط الراس زنجیره‌ای تا پیچیده و با خط الراس سینوسی مشاهده شده است (شکل‌های 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 نیکاهای ترک‌های گلی به دفعات مشاهده شده است که وجود آن‌ها حاکی از تجمع آب و ذرات در اندازه گل و تبخیر شدید در فروفادگی‌ها و نواحی گود بین نیکاهای است (شکل ۵- K). رخداد فرسایشی که فرآیند تشکیل علایم فرسایشی کف لایه را شروع می‌کند می‌تواند از عمل ذرات حمل شده توسط جریان که لحظه‌ای یا مستمر با کف بستر تماس برقرار می‌کنند حاصل شود که آثار تول (Tool mark) نامیده می‌شود. این آثار اغلب از نوع تول



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



شکل ۵- برخی از ساختمان‌های رسوبی در منطقه مورد مطالعه. (A. نمایی از لایه بندی موازی تا مورب کم زاویه در رسوبات نیکا؛ B) نمایی از یک نیکای غیر فعال که دارای طبقه بندی موازی (در زیر) و مورب مسطح (در راس) حاصل از حرکت رسوبات در پشت نیکا است؛ (C) آثار ساقه و شاخ و برگ گیاهان در نیکاهای فعال؛ (D) آثار ریشه گیاهان که به صورت لوله هایی عمودی در بدنه برخی نیکاهای مشاهده شده است؛ (E) اشکال فرسایشی در سطح نیکا 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 نیکاهای؛ (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.

گونه‌های گیاهی یکسان است توانایی رقابت با گونه گز در تولید نیکا را نداشته باشد. ارتفاع نیکاهای 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 نیکای ایجاد شده نیز تخریب می‌شود. زمانی که میزان رسوبگذاری و میزان فرسایش در نیکا برابر باشد طول و عرض یک نیکا افزایش پیدا می‌کند اما ارتفاع آن تغییر نمی‌کند. در دوره‌هایی که قدرت باد ضعیف است نیکا به حالت پایدار درآمده و رشد آن متوقف می‌شود اما، ممکن است با تغییرات در میزان ورود رسوبات و شدت باد، رشد یک نیکا از سر گرفته شود. در نهایت با کاهش میزان ورود رسوبات به منطقه، افت سطح آب‌های زیرزمینی و مرگ گیاهان نیکاهای 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 نیکاست 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 نیکا در برابر شرایط محیطی ناپایدار می‌شود. برداشت‌های بی‌رویه آب‌های زیرزمینی و خشک سالی پایایی می‌تواند یکی از دلایل مرگ گیاه و بی‌ثباتی نیکاست (Laity, 2009). مطالعات (Li et al. (2007) نشان می‌دهد که در دوره‌های اولیه که نیکا شروع به تشکیل می‌کند شکل سپر مانند دارد و در دوره‌های تخریب به صورت نامنظم دیده می‌شود، اما نیکاهایی که باقی‌مانده یا به عبارتی به مرحله تخریب

درختان گز را می‌توان از جمله درختان سازگار در ایجاد نیکا دانست زیرا در صورت رشد نیکا 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 آرائی 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 نیکا با تغییر مورفولوژیک واکنش نشان داده و خود را با شرایط محیط سازگار می‌کنند این گونه گیاهی را می‌توان گونه مقاوم به نیکا 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 (امامی نسب و اولادی، ۱۳۹۳). اندازه گونه گیاهی نقش بسیار اساسی در ارتفاع تپه‌های نیکا دارد، هر چه یک گیاه بلندتر و حجیم‌تر باشد، توانایی بیشتری در به دام انداختن رسوبات دارد و در نتیجه نیکای مرتفع‌تری را ایجاد می‌کند (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲). گونه کهور در منطقه مورد مطالعه از ارتفاع مناسبی برخوردار است اما برای تشکیل یک نیکا تراکم شاخه، طول شاخه، حجم گیاه و قطر تاج پوشش گیاهی نیز بسیار ضروری است (پورخسروانی، ۱۳۹۴). در اطراف ساقه اصلی گیاه کهور انشعابات دیده نمی‌شود یا به عبارتی، گیاه به صورت تک پایه رشد میکند و همین موضوع باعث می‌شود که این گیاه در منطقه‌ای مشابه که شرایط تشکیل نیکا برای تمام

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 نیکاهای مورد مطالعه متوسط تا خوب است زیرا رسوبات دانه درشت توسط جریان‌های باد از نیکاهای دور شده و رسوبات دانه ریز به علت خاصیت چسبندگی در بین نیکا باقی مانده است. مطالعه نمودارهای هیستوگرام نیکاهای شهداد نشان می‌دهد که اغلب نمونه‌ها یونی مدال بوده که مراکز تجمع آنها نشان دهنده جورشدگی خوب رسوبات هستند. نمونه‌های بایمدال و پلی مدال می‌تواند در ارتباط با منشأ متفاوت ذرات در منطقه باشد (موسوی حریمی، ۱۳۹۳). در برخی نمودارها (برای مثال نمونه N2, N7, N9, N15, N22) کشیدگی و جورشدگی با یکدیگر همخوانی ندارند که این امر می‌تواند با پلی مدال و یا بایمدال بودن نمونه‌ها در ارتباط باشد به طوری که بررسی کشیدگی و ارتباط آن با جورشدگی در نمودارهای بایمدال و پلی مدال فاقد ارزش است (برای مثال ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶ الف). 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 شده‌اند. به عبارت دیگر، همزمان با استقرار و پایداری نیکاهای، الگوی حمل و نقل رسوبات نیز تغییر می‌کند و دلان‌هایی در بین نیکاهای 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 دلان‌ها توسط جریان‌های آبی موقتی در منطقه بوده است. سرعت باد در این دلان‌ها 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 نیکا (دلان‌ها) 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 این رو، 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 به صورت یک سنگ‌فرش رویی در بین نیکاهای برجای گذاشته می‌شوند (e.g., Dougill and Thomas, 2002). رسوبات دانه درشت‌تر که از جورشدگی بالایی برخوردار هستند، به مانند لایه‌ای محافظ بر روی رسوبات دانه ریز قرار گرفته و از فرسایش آنها جلوگیری می‌کنند (شکل ۶). به همین دلیل رسوبات بین نیکا در عمق بیش از ۲ سانتی متر برخلاف رسوبات سطحی از جورشدگی پایینی برخوردار هستند.

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

۴-۲. تحلیل بافت رسوبی

هر چند که اندازه یک نیکا 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 نیکاهای 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 نیکاهایی 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 نیکا نسبت داد (برای مثال، ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶ ب). 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 نیکا حفظ می‌شوند. اما گونه کهور به صورت تک پایه رشد کرده و این نوع رشد گزینه مناسبی برای به دام انداختن رسوبات و ایجاد نیکا نیست. همچنین به دلیل رشد محدود گونه ترات و ناپایداری این گونه گیاهی در مقابل شرایط سخت محیطی، ماسه‌های درشت‌تر در اطراف این گیاه جمع شده و نیکاهای تشکیل شده از پایداری کمی برخوردار هستند. علاوه بر تأثیر گیاه بر بافت رسوبی نیکا، 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 نیکاهای 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 پر انرژی سبب خروج ذرات دانه درشت (گراول و ماسه درشت) از تپه نیکا و باقی ماندن ذرات دانه ریز به هم چسبیده در اطراف گیاهان می‌شوند. با توجه به حداقل و حداکثر میانگین ذرات در نیکاهای می‌توان در نظر گرفت که مسافت حمل و نقل این رسوبات طولانی بوده و با 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 نیکاهای تشکیل شده توسط بعضی درختچه‌ها دارای کج‌شدگی منفی هستند که چگونگی تشکیل آن حایز اهمیت است. این کج‌شدگی می‌تواند با تغییر جریان‌های بادی و منشأ متفاوت رسوبات در ارتباط باشد (McLaren and Bowles, 1985). جریان‌های بادی قوی در منطقه باعث ورود



شکل ۶. نمای از رسوبات سطحی بین نیکا و داخل نیکا. (A) رسوبات بین نیکا که توسط جریان آب به منطقه وارد شده‌اند، در این نهشته‌ها اجزا در اندازه پیل به خوبی قابل مشاهده هستند؛ (B) رسوبات بین نیکا که توسط جریان باد به خوبی تفکیک شده‌اند و جورشدگی بالایی دارند؛ (C) رسوبات تشکیل دهنده نیکا در اندازه ماسه ریز تا سیلت، این رسوبات از جورشدگی بالایی برخوردار هستند.

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 نیکا (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 نیکاهایی با پوشش گیاهی مختلف نخواهد داشت و اغلب رسوبات نیکا در اندازه ماسه ریز هستند. پارامترهای رسوب‌شناسی در رسوبات تشکیل دهنده نیکا و بین نیکا 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 نیکا شاهدهی بر کاهش سرعت باد در منطقه و رسوبگذاری ذرات دانه ریز ماسه در سرعت کم باد است. گردشگری بالا در دانه‌های کوارتز در اندازه ماسه بسیار ریز - ماسه ریز حاکی از مسافت حمل طولانی رسوبات تشکیل دهنده نیکاهای است. ویژگی پارامترهای رسوبی در رسوبات بین نیکا شاخص رسوبگذاری در سرعت بالا و مسافت کوتاه حمل و نقل آنهاست.

سیاسگزاری

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 می‌گردد.

به طور 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 نیکا و بین نیکا ترکیبی از انواع خرده سنگ‌ها همراه با مقداری کوارتز و فلدسپار دارند. رسوبات دانه درشت در اندازه پیل (خرده سنگ‌های رسوبی و آذرین) که باد قادر به حمل آنها نیست اغلب زاویه دار بوده و تنها بر اثر برخورد ذرات ماسه با سطح آن، بافتی سطحی کدروی به دست آورده است. با این وجود، گردشگری نسبی در برخی از پیل‌ها متأثر 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 نیکا مشاهده می‌شود که به صورت لایه سطحی و با جورشدگی خوب، بر روی رسوبات دانه ریز تر زیر سطحی قرار گرفته‌اند. رسوبات داخل نیکا که عمدتاً 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 دانه‌ها اغلب از جنس ذرات مقاوم کوارتز بوده که به صورت نیمه گرد شده - گرد شده مشاهده می‌شود که این امر گواهی بر مسافت طولانی حمل و نقل این رسوبات است.

۵- نتیجه گیری

گیاهان میزبان نیکا در منطقه دشت شهداد اغلب گونه‌های گز، کهور و ترات هستند. مطالعات صحرائی نشان می‌دهند که شکل نیکا تابعی از اندازه و میزان رشد گیاه میزبان بوده و عملکرد گونه‌های گیاهی مختلف در مقابل رسوبات بادی

کتابنگاری

- ابراهیمی میمند، س.، خانه‌باد، م. و زندمقدم، ح.، ۱۳۹۶الف- بررسی پارامترهای رسوب‌شناسی نیکاهای دشت شهداد واقع در شرق کرمان، سومین همایش انجمن رسوب‌شناسی ایران، صص. ۱۴ تا ۱۹.
- ابراهیمی میمند، س.، خانه‌باد، م.، زندمقدم، ح. و محبوی، ا.، ۱۳۹۶ب- تأثیر پوشش گیاهی بر پارامترهای رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژیکی در نیکاهای شمال شهداد، پنجمین همایش ملی انجمن ژئومورفولوژی ایران، صص. ۵۳۱ تا 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 نیکاهای کویر انار، فصلنامه کواترنری ایران، دوره ۱، شماره 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 ۲۲۲.
- 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 رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژی. دومین همایش انجمن رسوب‌شناسی 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.
- مصالح آرائی، ا.، سودابی زاده، ح.، عظیم زاده، ح. و اختصاصی، م.، ۱۳۸۹- معرفی گیاهان تشکیل دهنده نیکا 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 شکر، س. و چزغه، س.، ۱۳۹۱- مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نیکاهای چهار گونه‌ی گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد- دشت تکاب). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، صص. ۵۵ تا ۷۶.
- موسوی حرمی، ر.، ۱۳۹۳- رسوب‌شناسی، چاپ چنانزدهم، انتشارات به نشر آستان قدس رضوی، ۴۷۴ ص.
- نگهبان، س.، یمانی، م.، مقصودی، م. و عزیزی، ق.، ۱۳۹۲- بررسی تراکم، ژئومورفولوژی و پهنه‌بندی ارتفاعی نیکاهای حاشیه‌ی غربی دشت لوت و تأثیرات پوشش گیاهی بر مورفولوژی آن‌ها، پژوهش‌های کمی، سال اول، شماره 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, Cambridge 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 stabilizers. *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. I., 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., Eftekharijad, 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 Meymand¹, H. Zand-Moghadam², M. Khanehbad^{3*}, A. Mahboubi⁴ and Gh. Hosseinyar⁵

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

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

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

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

⁵Ph.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 severe 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