فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ هشتم، شمارهٔ اوّل، بهار ۱۳۹۷
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol. 8, No. 1 (Spring 2018)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰

مدیریت بحران و امکان‌سنجی در استفاده از مالچ نفتی در تثبیت شن‌های روان و کنترل فرسایش بادی

نعیمه سعیدی[۱]، علی قادری[۲] و محسن دژن[۳]

۱- کارشناس ارشد فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، داشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان، ایران (نویسنده مسئول)naeeme_saidi@yahoo.com

۲- معاونت فنی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیز داری جنوب کرمان، ایران.Ali.ghaderi60@gmail.com

۳-رئیس اداره امور بیابان، اداره کل منابع طبیعی و آبخیز داری جنوب کرمان، ایران.mohsendezhan@ yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: فرسایش بادی در بسیاری از نقاط جهان، از جمله در مناطق کم باران، یکی از شاخص‌ترین فرایندهای بیابان‌زایی است و کشور ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی به صورت جدی با این معضل روبرو است. در این راستا و در این مطالعه سعی بر آن داریم که به بررسی برخی روش‌های کنترل رسوبات بادی و به طور ویژه تأثیر مالچ نفتی برای تثبیت شن‌های روان بپردازیم.

روش: این پژوهش به لحاظ ماهیت از نوع کاربردی و به لحاظ روش اجرا، توصیفی و تحلیلی محسوب می‌شود که بنا به ضرورت پژوهش ترکیبی از مطالعات کتابخانه‌ای، یعنی کاوش در متون موجود، مشاهده برخی تصاویر ماهواره‌ای، مراجعه به نهادهای دولتی ذی‌ربط، انجام مصاحبه و دریافت داده‌های موجود و نیز بازدیدهای میدانی انجام شده است. در نهایت از تجمیع داده‌ها راهکارهای منطقی جهت مدیریت صحیح مقابله با فرسایش بادی صورت پذیرفت.

یافته‌ها: خشکسالی‌های چند سال اخیر جنوب استان کرمان، پوشش گیاهی فقیر موجود در بیابان را نیز از بین برده و افزایش سرعت باد منطقه به همراه آن روند بیابان‌زایی و ایجاد شن‌های روان را افزایش داده است. عوامل یاد شده شدت فرسایش بادی در کانون‌های بحرانی را در پی داشته است، به طوری که در دشت قلعه گنج نابودی درختچه‌ها و درخت‌زارهای موجود در منطقه را به دنبال داشته است. روند رو به رشد تپه‌های ماسه‌ای روستاهای منطقه را تهدید و باعث مهاجرت تعداد زیادی از روستائیان شده است. بازدیدهای میدانی منطقه و بررسی پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد که استفاده از مالچ نفتی می‌تواند به عنوان یک راهکار عملی برای کنترل فرسایش بادی و شن‌های روان در منطقه قلعه گنج مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری: آن‌چه که بیشتر در کشور، در مبحث کنترل فرسایش بادی و جلوگیری از گرد و غبار مطرح است استفاده از مالچ نفتی می‌باشد. مالچ نفتی مزایای زیادی داشته و روشی موثر در جلوگیری از شن‌های روان می‌باشد. اما تخریب محیط زیست به وسیله مالچ‌های نفتی استفاده از آن را محدود به شرایط خاص می‌کند.

کلید واژه: بیابان زدایی، ریزگردها، بحران فرسایش بادی، مالچ نفتی، قلعه گنج

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** سعیدی، نعیمه؛ قادری، علی؛ دژن، محسن (بهار، ۱۳۹۷)، مدیریت بحران و امکان‌سنجی در استفاده از مالچ نفتی در تثبیت شن‌های روان و کنترل فرسایش بادی . *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۸* (۱)، ۸۱-۹۱.

Crisis management and feasibility in using oil mulch to stabilize sand and wind erosion control

N.saidi[1], M. dezhan[2] & A. ghaderi[3]

1. Master of Science in Physics and Soil Conservation, Faculty of Agriculture, Valis Asr University ,Rafsanjan, Iran (Corresponding Author)
2. Technical Deputy in Natural resources and Watershed South of Kerman, Iran
3. Technical Deputy in Natural resources and Watershed South of Kerman, Iran

Abstract

Background and objective: Wind erosion is one of the prominent desertification processes in many parts of the world such as low rainfall areas; and Iran is faced with this difficulty because of its geographical location. This study tries to consider some wind sediment controlling method especially the effect of oil mulch on sand stabilization.

Method: This study is a functional research by using descriptive-analytic method; according to necessities of the research, library studies, watching some satellite images, referring to relevant governmental organization, making interviews as well as fieldworks were done. Finally, logical solutions for proper managements against wind erosion deliver according to the mentioned information.

Findings: In recent years droughts in south of Kerman province destroyed the poor vegetation in desert as well as increased wind speed in the region along with desertification process and creating dunes. These mentioned elements also caused severe wind erosion in critical centers, so destroyed bushes and trees in Ghale-Ganj plain. Increasing growth of dunes is a threat to villages and caused the migration of the rural population. Visiting the region and studying the existing researches indicate that using oil mulch can be applied as a practical way to control the wind erosion and dunes in Ghale-Ganj area.

Conclusion: The application of oil mulch to control wind erosion and dust prevention is the considerable way in country. The oil mulch has many benefits and is an effective way to prevent dunes; but the destruction of the environment by oil mulch makes it difficult to use.

Keywords: Desertification, Dusts, Wind erosion crisis, petroleum mulch, Ghaleh Gannj area

▶**Citation (APA 6th ed.):** Saidi N, Dezhan M, Ghaderi A. (2018, Spring). Crisis management and feasibility in using oil mulch to stabilize sand and wind erosion control. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 8*(1), 81-91 .

مقدمه

روند روزافزون تخریب منابع طبیعی در بسیاری از نقاط جهان، تهدیدی جدی برای بشریت محسوب می‌شود. فرسایش بادی به‌عنوان یکی از مظاهر این تخریب، کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته را تحت تأثیر قرار داده است (سابرامانیام و چیناپا[1]، ۲۰۰۲). در واقع در قرن حاضر، فرسایش بادی یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در راستای دست‌یابی به توسعه پایدار و مدیریت بهینه زمین‌های کشاورزی می‌باشد که در نتیجه عوامل اقلیمی و انسانی به‌وجود آمده و به عنوان سومین چالش مهم جامعه جهانی شناخته می‌شود (احمدی، ۱۳۸۳). فرسایش بادی به‌طور جدی منابع آب و خاک را تهدید کرده و در اراضی کشاورزی، یک مشکل زیست‌محیطی جهانی شناخته می‌باشد(کیانگ دینگ، ژوائو و شین جانگ[2]، ۲۰۰۸). هر چند این پدیده به عنوان یک عامل طبیعی همواره در تخریب چهره و سیمای کره زمین دارای قدمتی برابر عمر آن است، اما با افزایش جمعیت و تلاش در جهت رفع نیازهای بشری از یک سو و دست‌اندازی انسان بر منابع طبیعی به همراه مدیریت‌های غیراصولی باعث شده که این پدیده روند تشدیدی به خود بگیرد (احمدی، ۱۳۸۳). فرسایش بادی و ریزگردها، پیامدهای منفی قابل ملاحظه‌ای به دنبال دارند. این پیامدها نه فقط برای سلامتی انسان خطرساز است، بلکه مشکلات فراوانی را برای فرایندهای اکوسیستم به بار خواهد آورد (فیلد و همکاران[3]، ۲۰۰۹). براساس مطالعات رینولدز، اسمیت و لمبین [4](۲۰۰۷) بیش از یک چهارم مناطق کره زمین، تحت تأثیر فرسایش بادی و بیابان‌زایی می‌باشند و کشور ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی به‌صورت جدی با این معضل روبه‌رو است.

کاهش بارندگی، افزایش دمای کره زمین، نابودی پوشش گیاهی، گسترش برنامه‌های مهار آب و طرح‌های سدسازی در کشور از عوامل تأثیرگذار در ایجاد کانون‌های فرسایش بادی و بروز توفان‌های شن در کشور می‌باشند (سرابیان و نیکپور، ۱۳۸۹). به نحوی که، حدود ۲۰ استان که در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند با معضل فرسایش بادی روبه‌رو هستند (بیات موحد، ۱۳۸۹). یکی از این استان‌ها، استان کرمان است که با حدود ۱۱ درصد (۱۸/۲ میلیون هکتار) از مساحت کشور، یکی از استان‌های کویری ایران به‌شمار می‌رود. شرایطی چون ریزش‌های اندک آسمانی، فقر پوشش گیاهی، تبخیر زیاد، محدودیت منابع آبی و غیره، همگی سبب شده‌اند که استان کرمان تحت تأثیر آثار مخرب پدیده بیابان‌زایی باشد و این استان به‌عنوان استانی خشک و بیابانی شناخته شود. به‌گونه‌ای که بیش از ۳۰ درصد یعنی حدود ۵۶۱۵۰ کیلومتر مربع از اراضی این استان را عرصه‌های کویری یا به شدت بیابانی با حاکمیت مطلق باد و فرسایش بادی و حدود ۱۲ درصد از اراضی استان با وسعت ۲۲۳۲۴ کیلومتر مربع را اراضی بیابانی شده با فرسایش بادی زیاد و ۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع را شن‌زارهای فعال و نیمه‌فعال تشکیل می‌دهند. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که سطحی معادل ۴/۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع از اراضی بیابانی استان کرمان، تحت تأثیر فرسایش بادی شدید قرار دارند که دارای بالاترین درجه آسیب‌پذیری می‌باشند. بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص کانون‌های بحرانی فرسایش بادی در سال ۱۳۸۱، ۱۶ کانون بحرانی فرسایش بادی با مساحتی معادل ۶۷۶۰ کیلومتر مربع در سطح استان کرمان شناسایی شده است. شهرستان قلعه گنج با داشتن ۴۳۱۳/۱۱ کیلومتر مربع از اراضی بیابانی یکی از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی در استان کرمان می‌باشد. که براساس مطالعات شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، دو کانون بحرانی فرسایش بادی چاه دادخدا و جاده رمشک در شهرستان قلعه گنج شناسایی گردیده است که مساحت این دو کانون بحرانی معادل ۴۹۰/۳۳ کیلومتر مربع است. این شهرستان با ارتفاع کم از سطح دریا به لحاظ موقعیت جغرافیایی و داشتن وسعت زیاد مناطق بیابانی از جمله مناطق گرم استان کرمان محسوب می‌شود. اقلیم خشن از جمله تبخیر بسیار بالا، بارندگی کم، رطوبت نسبی پایین، طولانی بودن فصل خشک و نیز فشار چرای دام بالا در این مناطق منجر به تخریب خاک و فرسایش شدید بادی شده است. بخش عمده ساختار زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را نهشته‌های رسوبی مربوط به دوره کواترنری تشکیل می‌دهد. حدود ۸۵ درصد محدوده مطالعاتی حاصل انباشت رسوبات بادرفتی است و باد اصلی‌ترین عامل تغییر شکل زمین در این منطقه محسوب

1. Subramaniam & Chinappa, 2002
2. Qiang Deng, Joao & Shin Jung, 2008
3. Field et al, 2009
4. Reynolds, Smith & Lambin, 2007

می‌شود (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب کرمان، ۱۳۸۹: ص ۱۲۷). اجرای طرح‌های تثبیت شن و مدیریت مناطق بیابانی یکی از اقدامات اولویت‌دار بخش کشاورزی و منابع طبیعی در این منطقه می‌باشد. با توجه به هزینه‌های سنگین کنترل فرسایش بادی و دشوار بودن شرایط کاری، انتخاب شیوه‌های اصولی و فنی در جهت تثبیت این مناطق، علاوه بر افزایش بازدهی کار، در کاهش هزینه‌ها نیز مؤثر خواهند بود (زیزان و همکاران[1]، ۲۰۱۵). در این راستا و در این مطالعه سعی بر آن داریم که به بررسی برخی روش‌های کنترل رسوبات بادی به طور ویژه تاثیر مالچ نفتی به عنوان یکی از طرح‌های که به زودی قرار است برای تثبیت شن‌های روان در یک سطح عظیم از این منطقه مورد استفاده قرار گیرد بپردازیم و به مشکلات اجرای این طرح، اثرات و مزایای آن نیز اشاراتی خواهیم داشت.

روش

دشت قلعه گنج به عنوان منطقه مورد نظر در این تحقیق با مساحتی حدود ۲۰۵ کیلومتر مربع از لحاظ تقسیمات کشوری در منتهی‌الیه جنوبی شرقی استان کرمان قرار دارد و بین عرض‌های ″۵۵ ′۴۹ °۲۶ تا ″۲۸ ′۵۸ °۲۶ شمالی و طول‌های ″۲۶ ′۴۲ °۵۸ تا ″۲۵ ′۵۵ °۵۸ شرقی واقع شده است (شکل ۱).

شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان کرمان

این پژوهش به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ روش اجرا، توصیفی و تحلیلی محسوب می‌شود که بنا به ضرورت پژوهش ترکیبی از اطلاعات آماری، بازدیدهای گسترده میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای استفاده شده است. جمع آوری داده‌های مختلف در زمینه هواشناسی و جمعیت با مراجعه به نهادهای دولتی گردآوری شده است. بررسی اسناد و مدارک از طریق مقالات چاپ شده در مجلات معتبر و نمایه گذاری شده خارجی، کتاب‌های مرتبط و مشاهده تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. در نهایت از تجمیع آن‌ها برای شناسایی و شناخت بهتر وضعیت با هدف یافتن راه‌کارهای برای تثبیت ماسه‌های روان و جلوگیری از بروز توفان‌های شن در منطقه قلعه گنج صورت پذیرفت.

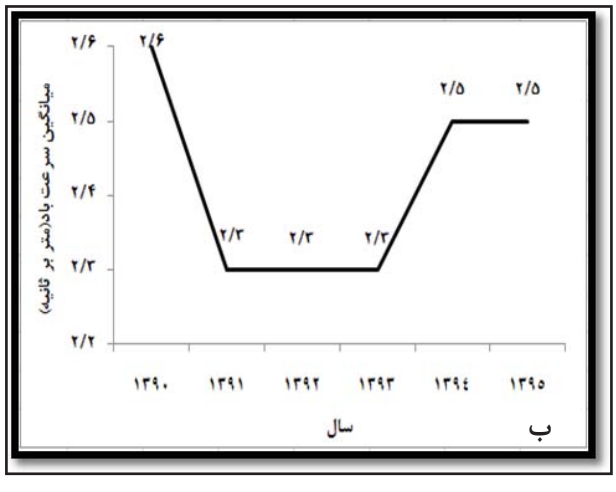
یافته‌ها

پژوهش‌هایی که در رابطه با فرسایش بادی در دنیا انجام شده، نشان می‌دهد که شدت فرسایش بادی تابع دو دسته عوامل فرسایش‌دهندگی و فرسایش‌پذیری است (کیانگ و همکاران[2]، ۲۰۰۷). فرسایش‌پذیری خاک به ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک و هم‌چنین شرایط سطحی آن مربوط می‌شود، حال آنکه فرسایش‌دهندگی به فیزیک و ویژگی‌های باد وابسته است (کاردوس، برگامتی و مارتیکورینا[3]، ۲۰۰۵). بنابراین در فرسایش بادی، عامل اصلی جدا شدن و انتقال ذرات خاک، باد می‌باشد. درنتیجه شناخت ویژگی‌های باد ضروری است؛ از مهم‌ترین ویژگی‌های باد که بر شدت فرسایش خاک مؤثر است می‌توان سرعت، جهت، فراوانی، قدرت فرسایندگی و ظرفیت حمل باد را نام برد. در این بین، سرعت باد بیش از فراوانی و جهت آن اهمیت دارد. چراکه تنها بادهای فرساینده قادر به سایش کلوخه‌ها، سله و خاکدانه‌های خاک می‌باشند (مروتی شریف آباد، ۱۳۸۰). نتایج تغییرات زمانی میانگین سرعت باد نشان می‌دهد که هرچند در سال ۱۳۹۰ سرعت باد نسبت به سال ۱۳۹۵ بیشتر بوده است اما در طول پنج سال اخیر، سرعت باد روندی افزایشی نسبت به پنج سال قبل داشته است (شکل۲- الف) که می‌تواند نقش عمده‌ای در انتقال ذرات شن داشته و سالانه صدها میلیون تن ذرات ریز شن را به‌صورت گرد و غبار از بیابان‌ها منتقل و باعث کاهش حاصلخیزی، مدفون شدن زمین‌های زراعی، ساختمان‌ها و تأسیسات صنعتی گردیده است شکل ۲- ب نمونه‌ای از هجوم شن‌های روان به مکان‌های مسکونی منطقه (کپرها) را نشان می‌دهد.

1. Zezin & et al, 2015

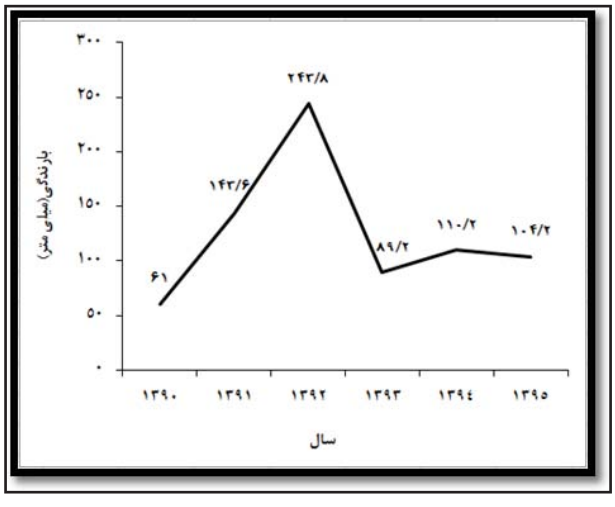
2. Qiang et al, 2007

3. Kardous, Bergametti & Marticorena, 2005



شکل۲. الف: اثر زمان بر میانگین سرعت باد. ب: هجوم ماسه‌های روان در مناطق مسکونی

در فرسایش بادی خاکی که سطح آن مرطوب باشد، فرسایش نمی‌یابد، زیرا ذرات خاک مرطوب در اثر نیروی چسبندگی ناشی از پوسته نازک آب بین ذرات، به هم چسبیده و پایدار هستند. همچنین وجود رطوبت می‌تواند موجب رشد پوشش گیاهی و افزایش بیشتر مقاومت خاک نسبت به فرسایش‌ها خواهد شد. معمولاً باد قادر به جداسازی و انتقال ذرات خاکی که در رطوبت پژمردگی (۱۵- بار) یا بیش‌تر باشند، نمی‌باشد (چیپل[1]، ۱۹۵۶). بنابراین هنگامی فرسایش بادی رخ می‌دهد که رطوبت لایه بسیار نازک خاک سطحی در اثر بادهای گرم و خشک به پایین‌تر از نقطه پژمردگی برسد (مروتی شریف آباد، ۱۳۸۰). طبق آخرین آمار و اطلاعات ارائه شده سازمان هواشناسی، متوسط بارندگی در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰، حدود ۱۲۵ میلی‌متر بوده است. که کمترین و بیشترین مقدار بارندگی به ترتیب در سال ۱۳۹۰ (۶۱ میلی‌متر) و ۱۳۹۲ (۲۴۳/۸ میلی‌متر) می‌باشد (شکل۳) و طی ۴ سال گذشته روند بارندگی کاهشی بوده است. از آن طرف خشکسالی‌های طولانی مدت در کل کشور و به طور خاص در منطقه‌ی کرمان کاهش رطوبت خاک و کاهش پوشش گیاهی منطقه را به مقدار زیادی به همراه داشته است. همچنین بارندگی بسیار کم و پراکنش نامنظم آن باعث تراکم محدود یا فقدان پوشش گیاهی شده و این یکی از دلایل عمده فعال بودن فرسایش بادی در منطقه قلعه گنج می‌باشد.

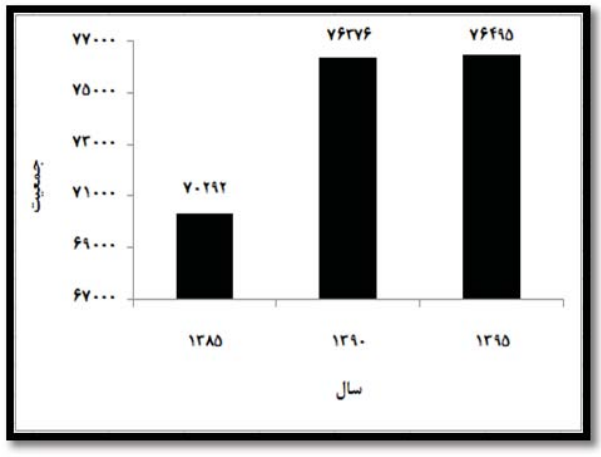


شکل ۳. میزان بارندگی بین سال‌های ۱۳۹۵- ۱۳۹۰

شکل ۴ جمعیت شهرستان قلعه گنج طی سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۸۵- ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. جمعیت این شهرستان در طی سرشماری ۱۳۸۵ برابر ۷۰۲۹۲ نفر و در آخرین سرشماری (۱۳۹۵) برابر با ۷۶۴۹۵ نفر بوده است. در طول دوره سرشماری روند افزایش جمعیت از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ مشاهده می‌شود. اما مقایسه جمعیت بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ و بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که احتمالاً در پنج سال اخیر شاهد مهاجرت منفی بوده‌ایم که سرعت افزایش در جمعیت این منطقه در این سال‌ها نسبت به سال‌های قبل از ۱۳۹۰ کمتر بوده است. بحران خشکسالی و کاهش کمی و کیفی منابع آبی، وزش بادهای گرم و سوزان، وجود طوفان‌های شن و توده‌های ریگ روان و خسارت به روستاها، از بین رفتن توان تولید و تخریب منابع تولید مانند خسارت به بخش‌های زراعت، باغبانی و مراتع و در نتیجه کاهش

1. Chepil, 1956

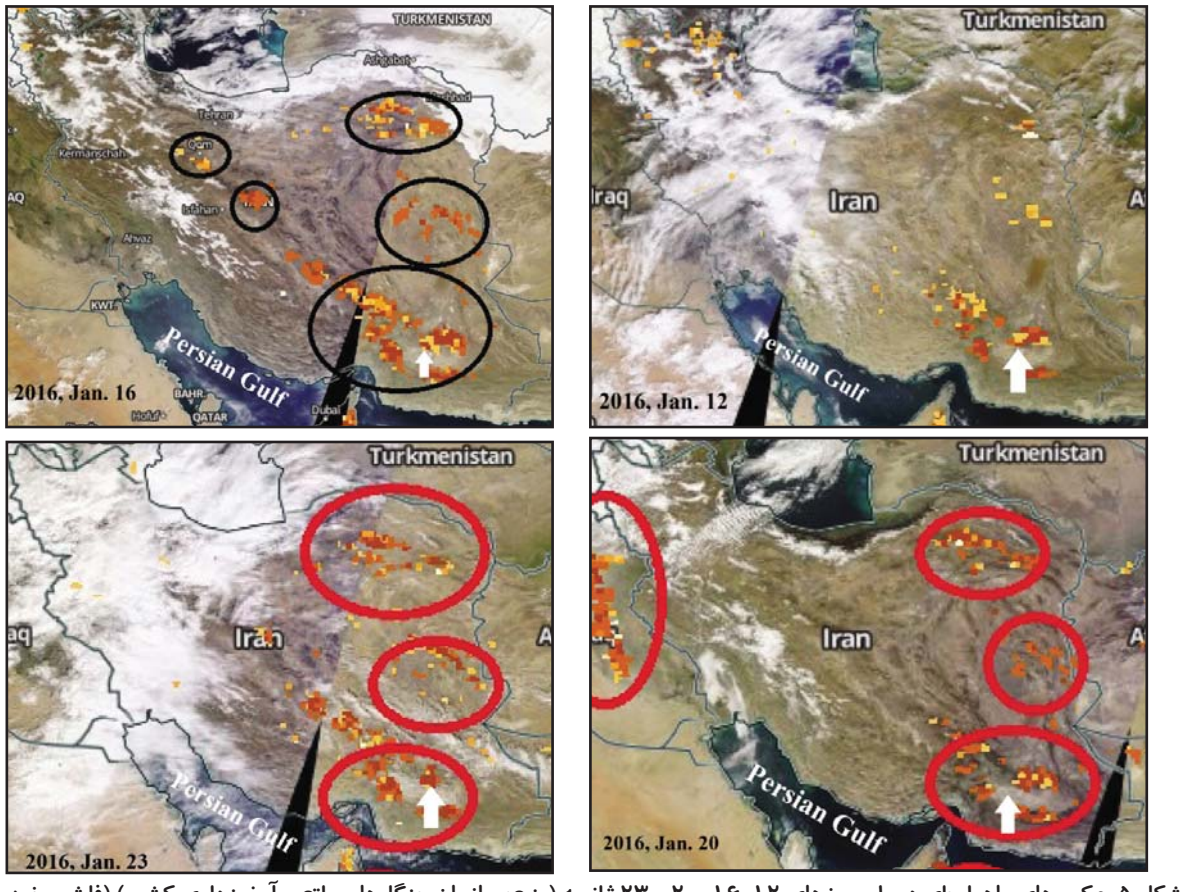
تولید در بخش کشاورزی می‌تواند از دلایل افزایش کم جمعیت (و شاید هم کاهش جمعیت واقعی) و احتمالاً رواج مهاجرت در طول زمان در شهرستان قلعه گنج باشد.



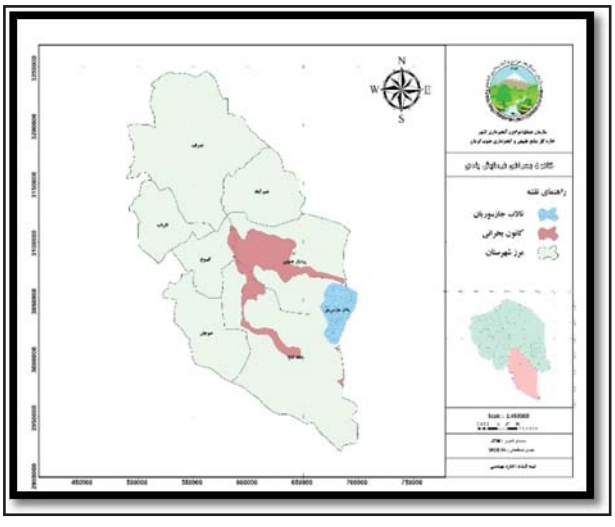
شکل۴. جمعیت شهرستان قلعه گنج طی سرشماری نفوس و مسکن

مشاهده تصاویر ماهواره‌ای در طی روزهای ۱۲ تا ۲۳ ژانویه ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه در اکثر روزها شاهد وقوع پدیده گرد و غبار می‌باشد (شکل ۵). این در حالی است که ماه ژانویه اوج تولید گرد و غبار در منطقه محسوب نمی‌شود. . حداکثر شدت فرسایش بادهای منطقه توام با خشکی محیط و عدم پوشش گیاهی از اواسط آوریل تا اواسط آگوست می‌باشد (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب کرمان، ۱۳۸۹: ص ۱۲۷).

بازدیدهای میدانی، جهت بادهای طوفان‌زا و نیز جهت نهشته‌ها حاکی از پیشروی و پیشرفت تپه‌های ماسه‌ای به سمت برخی آبادی‌های موجود در حوزه و خسارت به اراضی کشاورزی هستیم که در گذشته به این شکل نبوده و این پیشروی در سال‌های اخیر مضاعف شده است. منطقه مورد مطالعه قلعه گنج دارای هر سه منطقه برداشت، حمل و رسوب‌گذاری می‌باشد که به ترتیب رخساره‌های این مناطق شامل رگ ریزدانه در مناطق برداشت، ریپل مارک و نبکا در مناطق حمل و بارخان در مناطق رسوب‌گذاری می‌باشد. بنابراین این شهرستان از جمله مناطق مهم از لحاظ کانون‌های بحرانی فرسایش بادی کشور قلمداد می‌شود (شکل ۶).



شکل ۵. عکس‌های ماهواره‌ای در طی روزهای ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۳ ژانویه (منبع: سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور) (فلش سفید رنگ نشان دهنده منطقه مورد مطالعه می‌باشد)



شکل ۶. نقشه کانون‌های بحرانی فرسایش بادی

فرسایش بادی به‌عنوان یک پدیده طبیعی هم‌چون سایر پدیده‌های طبیعی به مدد دانش، آگاهی، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح قابل کنترل است و می‌توان خسارت‌های ناشی از آن را به کم‌ترین مقدار ممکن رساند. سه روش اصلی برای تثبیت شن‌های روان وجود دارند که شامل روش‌های شیمیایی، مکانیکی و زیستی می‌باشند (گوادیی و میدلیتون،[1] ۲۰۰۶). هرچند با وجود خشکسالی‌های اخیر در منطقه نمی‌توان از روش‌های زیستی برایی کنترل فرسایش استفاده کرد اما اولویت نخست در کنترل فرسایش بادی، کنترل زیستی آن است و در صورت عدم امکان اجرای طرح‌های زیستی، باید از روش‌های مکانیکی و شیمیایی (مانند مالچ‌پاشی) استفاده کرد که معمولاً برای حصول نتایج بهتر، تعدادی از آن‌ها را همراه با هم انجام می‌دهند چرا که کاربرد مالچ‌های گوناگون نیز در کنار انجام سایر اقدامات زیستی، مکانیکی و مدیریتی، می‌تواند در مهار فرسایش بادی و تثبیت شن‌های روان، تأثیر بیش‌تری داشته باشد (موحدان، عباسی و کرامتی، ۱۳۹۲).

مالچ‌ها را می‌توان به سه گروه: مالچ‌های بیولوژیک، مالچ‌های معدنی و مالچ‌های شیمیایی تقسیم کرد (دهدشتیان، ۱۳۸۸). مالچ‌های بیولوژیک اصولاً از مواد گیاهی نظیر برگ، کاه، کلش، سرشاخه‌های ریز درختان، مواد خرد شده گیاهی حاصل از هرس درختان و درختچه‌ها، ضایعات تولیدات کشاورزی و باقیمانده محصولات زراعی پس از برداشت، پسماندهای مراحل مختلف فرآوری محصولات کشاورزی و صنایع غذایی و یا بخشی از زباله‌های خانگی که دارای منشأ گیاهی هستند و در مراحل مختلفی از تجزیه و فساد قرار دارند، تشکیل می‌شوند (دهدشتیان، ۱۳۸۸).

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده با دستگاه شبیه‌ساز فرسایش بادی توسط فریریر و اسکیدمور[2] (۱۹۸۵) نشان می‌دهد که ۲۰ تا ۵۰ درصد پوشش بقایای گیاهی، شدت فرسایش را نسبت به خاک صاف و لخت به ترتیب ۵۷ و ۹۵ درصد کاهش داده است. فریریر و کوشی[3] (۱۹۷۱) با مطالعه اثر بقایای گیاهی بر فرسایش بادی، عملکرد گیاه، شدت تبخیر و رواناب نشان دادند که اثر افزایش اولیه بقایای گیاهی بسیار مؤثرتر از اثر افزایش مقادیر بعدی است. مقدار بقایای گیاهی موردنیاز جهت حفاظت خاک بستگی به نوع و مقدار بقایای گیاهی، فرسایش‌پذیری خاک، اقلیم، مدیریت زراعی و ارزیابی فرسایش و خطر تخریب آن دارد.

مالچ‌های معدنی خود به دو گروه مالچ‌های معدنی فیزیک اثر و مالچ‌های معدنی شیمیایی اثر تقسیم می‌شوند. مالچ‌های معدنی فیزیک اثر شامل انواعی از مواد معدنی نظیر سنگریزه، خاک رس، کاه گلی و مواد مشابه می‌باشد که برای هدف‌های خاصی به‌عنوان خاکپوش یا مالچ از آن‌ها استفاده می‌شود. اصولاً نقش این مواد ایجاد تغییرات فیزیکی در لایه رویین خاک و تأثیر در بافت آن می‌باشد. معمولاً هدف مستقیم از کاربرد این نوع مالچ‌ها، ایجاد تغییرات شیمیایی بر روی خاک نیست هر چند ممکن است استفاده از آن‌ها تغییر و تحولات شیمیایی خاصی را نیز در روی خاک در پی داشته باشد (دهدشتیان، ۱۳۸۸).

یانلی و یولیو[4] (۲۰۰۳) گزارش کردند که مالچ سنگریزه‌ای دارای دو عمل مهم در کنترل فرسایش بادی است. نخست این‌که می‌تواند خاک را از فرسایش بادی محافظت کند. دوم این‌که می‌تواند ذرات باد آورده را به دام اندازد. حیدری، احمدی، اختصاصی، و درینی (۱۳۸۹) با بررسی اثر مالچ سنگریزه‌ای در اراضی سنگفرشی دشت یزد نشان دادند که مقدار فرسایش بادی بستگی کاملی به تراکم پوشش سنگریزه‌ای در سطح دارد و با افزایش تراکم مالچ سنگریزه از ۲۵ درصد به ۵۰ درصد میزان فرسایش به نصف کاهش

1. Goudie & Middleton, 2006

2. Fryrear & Skidmore, 1985
3. Fryrear & Koshi, 1971
4. Yanli & Youliu, 2003

می‌یابد. گوتری[1] (۱۹۸۲) در تعریف سله اظهارداشت که آن‌ها مهم‌ترین شکل ساختمانی خاک‌های سطحی و رسوبات هستند. این مطلب به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک و هم‌چنین در مناطق کشاورزی با آب و هوای معتدل نیز صحت دارد. چپیل[2] (۱۹۶۳) نشان داد که فرسایش‌پذیری خاک سله بسته (با هر بافتی) حدود ۰/۱۷ خاک بدون سله می‌باشد. البته وی بیان کرد که این فرایند حفاظتی، تداوم چندانی ندارد چرا که سله سطحی توسط ذرات جهشی شن، به سهولت ساییده و خرد می‌شود. ضخامت سله تعیین‌کننده مدت‌زمان دوام سله تحت شرایط سایشی معین است. خاک رس بعد از آب‌گیری افزایش حجم پیدا می‌کند و در هنگام خشک شدن منقبض می‌شود و این انقباض، باعث ایجاد تخریب ساختار بیشتر سطح خاک می‌گردد. روش‌های مختلفی برای رفع این عارضه وجود دارد، هم‌چون افزودن شن و ماسه در شرایط عادی و در حالت بهتر، علاوه بر شن و ماسه، مواد کمکی دیگر مانند الیاف گیاهی که با قرار گرفتن در ساختار خاک از انقباض بیش از حد جلوگیری می‌نمایند و در ساختار خاک حالت یکپارچه و متصل به‌هم ایجاد می‌کنند و باعث افزایش مقاومت جنبشی سایشی و مقاومت در برابر شستشو با آب (با ایجاد حالت موزائیک در سطح) می‌شوند (ابراهیمی، ۱۳۸۰). بنابراین می‌توان گفت که در جهت افزایش مقاومت خاک در این حالت عوامل مختلفی مؤثر هستند، هم‌چون میزان درصد نسبی ذرات تشکیل دهنده خاک از جمله رس، شن، سلیت و میزان الیاف گیاهی (کلیایی، ۱۳۸۲).

مالچ‌های معدنی شیمیایی اثر، شامل انواعی از مواد معدنی مانند آهک، گچ یا انواعی از املاح معدنی است که حاوی یون‌های فعال زیاد می‌باشند و از آن‌ها با هدف اصلی ایجاد تغییرات شیمیایی بر روی خاک استفاده می‌شود. به همین دلیل این گروه از مواد معدنی را می‌توان در زمره مالچ‌های شیمیایی نیز طبقه‌بندی نمود. کاربرد این مالچ‌ها دارای تأثیرات فیزیکی نیز بر روی خاک می‌باشد. بعضی از نتایج جانبی یا مستقیم استفاده از این مالچ‌ها عبارتند از: کاهش حساسیت خاک به فرسایش، اصلاح ساختمان خاک، اصلاح بافت خاک، افزایش نفوذپذیری خاک، افزایش تبادل یونی خاک، افزایش حاصلخیزی خاک، اصلاح pH خاک و تقویت و توسعه میکروبیولوژی خاک (دهدشتیان، ۱۳۸۸).

مالچ‌های شیمیایی مورد استفاده جهت حفاظت خاک را می‌توان به دو گروه مالچ‌های شیمیایی غیر نفتی و مالچ‌های نفتی طبقه بندی نمود. هر یک از این مواد ممکن است فیزیک اثر یا شیمیایی اثر بوده و یا هر دو ویژگی را با هم داشته باشند. مالچ‌های شیمیایی غیر نفتی شامل مواد مصنوعی مانند پشم شیشه، کاغذ، انواع ورقه‌های فلزی، لایه‌های نازک پلاستیکی، سلوفان، مواد پلی‌اتیلن، انواع متفاوتی از مواد پلیمری و غیره است. با اینکه پایه اصلی ساختمان بخشی از این مالچ‌ها را مواد نفتی تشکیل می‌دهد اما در وضع موجود در زمره مالچ‌های غیر نفتی طبقه بندی می‌شود (دهدشتیان، ۱۳۸۸). با توجه به ویژگی‌های مختلف پلیمرها، این مواد با اهداف و اشکال مختلف جهت افزایش ظرفیت نگهداری خاک و نیز کنترل فرسایش بادی و آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند (سمائی، گلچین و مصدقی، ۱۳۸۵). کوراسل که به‌صورت یک پلیمر است آن را با آب مخلوط کرده و بر سطح خاک می‌پاشند. آب محلول پس از پاشیدن در سطح خاک، تبخیر شده و یا در عمق نفوذ می‌کند و کوراسل ذرات خاک را به‌هم متصل می‌نماید و به این صورت یک لایه به‌هم چسبیده ولی قابل نفوذ ایجاد می‌کند (رفاهی، ۱۳۸۸: ص ۳۲۰).

مالچ‌های نفتی عموماً به مواد یا فرآورده‌های سنگین نفتی گفته می‌شود که از نظر ترکیب شیمیایی مجموعه‌ای از اجزای هیدروکربنی بوده و بیش‌تر به‌منظور جلوگیری از فرسایش خاک، تثبیت شن‌های روان و افزایش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (ربیعی، ۲۰۱۰). نخستین اقدام برای تثبیت خاک و ماسه به وسیله مواد نفتی در سال ۱۸۹۰ در مسیر راه‌آهن آسیایی روسیه انجام شد و در همین سال مؤسسه اگروفیزیک پترزبورگ (لنینگراد)، آزمایشی برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از قیر در رپتک واقع در بیابان قره قوم انجام داد. با این حال اولین گزارش‌های پژوهشی راجع به نتایج کاربردی پوشش‌های نفتی در سطح خاک از سال ۱۹۳۵ در مجلات علمی اروپا و از سال ۱۹۴۱ در منابع آمریکایی ظاهر شد. بعد از جنگ جهانی دوم برنامه‌های اجرایی تثبیت خاک و شن‌های روان به‌وسیله مالچ‌های نفتی انجام شد و نتایج عینی نشان داد که با استفاده از

1. Guthrie, 1982
2. Chpeil, 1963

فرآورده‌های نفتی می‌توان نسبت به تثبیت پهنه‌های ماسه‌ای و تپه‌های ماسه‌ای متحرک اقدام نمود. به دنبال دستیابی به این نتایج، استفاده از مالچ‌های نفتی در مسیرهای راه‌آهن، تأسیسات صنعتی، فرودگاه‌ها و راه‌های مواصلاتی و حتی روستاها و شهرها که از طرف ماسه‌های روان مورد تهدید واقع شده بودند آغاز شد (دهدشتیان، ۱۳۸۸). اقدامات گسترده‌ای در جهت انجام عملیات مالچ‌پاشی با استفاده از مواد نفتی در کشورهایی چون تونس، امارات، مراکش، استرالیا و حتی ایران صورت گرفت که نتایج رضایت بخشی را در پی داشته است. در ایران از سال ۱۳۴۶ استفاده از مالچ‌های نفتی برای تثبیت شن‌ها آغاز گردید و طرح‌هایی توسط منابع طبیعی با همکاری قسمت پخش شرکت ملی نفت ایران و سایر بخش‌های دولتی مربوطه به اجرا در آمد که با موفقیت همراه بوده است (کردوانی، علائی، مشیری و رحیمی، ۱۳۹۲). به‌عنوان نمونه می‌توان به طرح‌های تثبیت شن‌های روان در ۴۰۰ هکتار از اراضی فتح‌آباد بوئین زهرا، ۳۵۰ هکتار از اراضی مراد تپه قزوین، ۳۵۰ هکتار از اراضی حمیدیه اهواز (از نظر حفظ خط آهن)، حدود ۲۰۰۰ هکتار از اراضی البردایه الیاجی خوزستان و انجام آزمایش محدود در گردنه قوچک (از نظر دیم و جنگل‌کاری) اشاره نمود (رفاهی، ۱۳۸۸: ص ۳۲۰). حجم کل عملکرد پروژه مالچ پاشی از ابتدا تا پایان سال ۱۳۸۲ معادل ۲۱۴۴۴۷ هکتار بوده است(حسنی، خدادادی، جعفری، رنجبر و خلیلاوی، ۱۳۹۱). بررسی اثرات کاربرد مالچ نفتی بر روی جوانه زنی گونه‌های دست کاشت مناطق بیابانی در جاسک و جازموریان نشان داد که مالچ نفتی در افزایش بذرهای سبزشده تأثیر معنی‌داری داشته و افزایش دما زیر لایه مالچ‌پاشی موجب تسریع جوانه زنی بذرها شده است (جعفریان، ۱۳۸۴). مالچ نفتی با حفظ رطوبت خاک، بازده احیا، ایجاد و توسعه پوشش گیاهی را افزایش داده و باعث افزایش فون خاک به خصوص موریانه‌ها در مناطق مورد مطالعه (نرماشیر بم، زابل و اهواز) شده است (پویا فر و اصغری مقدم، ۱۳۸۵). مالچ‌های نفتی که به‌منظور تثبیت شن‌های روان به کار می‌رود باید دارای ویژگی‌هایی شامل برقراری خاصیت چسبندگی بالا بین ذرات، قابلیت نگهداری رطوبت بالا در خاک، ماندگاری بالا، سهولت مصرف و ارزان بودن باشند و همچنین باید فاقد خطرات زیست‌محیطی باشند (آمبراست، چیپل و سیدووی،[1] ۱۹۶۴). نوع و کیفیت مالچ، مورفولوژی ناهمواری‌های شنی، ابعاد ذرات سطحی رسوبات، نوع و شدت عوامل فرسایشی چون باد، مقدار بارندگی و وضعیت رطوبت در مقدار مصرف پایه مالچ در واحد سطح مؤثر هستند. مقدار مصرف مالچ در بلندی تپه‌های شنی بیش‌تر و در پایین تپه‌ها و سطوح نسبتاً مسطح کم‌تر است (واعظی، ۱۳۸۹). تأثیرفراورده‌های نفتی در تثبیت ماسه های روان، به دلیل افزایش پایداری خاک سطحی و پیوسته نمودن ذرات ماسه و در نتیجه افزایش مقاومت سطوح فوقانی ماسه‌زارها در مقابل فرسایش بادی است. هدف، ایجاد شرایطی است که استقرار پوشش گیاهی از طریق نهال کاری، بذرپاشی، قلمه کاری و به خصوص به صورت طبیعی فراهم شده و گیاهان بتوانند مستقر شوند و درنتیجه این عملکردها، تثبیت ماسه‌های روان به خوبی انجام گیرد (غلامی طبس، جعفری و آذرنیوند، ۱۳۹۲). آزمایش‌های زیادی در مورد مقاومت شن‌های آغشته به فرآورده‌های نفتی به باد انجام گرفته است. در یک آزمایش تونل بادی که در آفریقا انجام شد نتایج نشان داد که شن‌های بدون پوشش و لخت در سرعت باد حدود ۲۷ کیلومتر در ساعت شروع به حرکت می‌کنند درحالی‌که سطوحی که در آن‌ها عمل مالچ‌پاشی انجام شده است در سرعت باد حدود ۱۱۰ کیلومتر در ساعت نیز به حرکت در نیامده‌اند. این امر نشان می‌دهد که بقایای فرآورده‌های نفتی می‌تواند به خوبی عمل تثبیت را انجام دهند (رفاهی، ۱۳۸۸: ص ۳۲۰). در واقع دلیل استفاده از مالچ نفتی این است که اثر سریع و آنی دارد و قابلیت به کارگیری آن در زمان کوتاه و در سطحی وسیع فراهم می‌شود. مهم‌تر از همه اینکه منبع تأمین این مواد داخل کشور است و نیازی به منابع ارزی ندارد (جهان‌جو، ۱۳۷۸). اما پایه اساسی مالچ نفتی، طیف وسیعی از هیدروکربن‌های سنگین نفتی است که به اجزای مختلفی که دارای ترکیبات شیمیایی گوناگون و طبعاً نقاط جوش مختلف تقسیم می‌شوند و شامل اشباع شده‌ها، نفتن آروماتیک‌ها، پلی آروماتیک‌ها و آسفالتین‌ها هستند. از جمله موارد موجود در مالچ‌های نفتی، هیدروکربن‌های پلی سیکلیک آروماتیک است که از لحاظ زیست محیطی و سرطان‌زایی جز هیدروکربن‌های مضر می‌باشد که در جز میانی نفتن و پلار آروماتیک‌های مالچ وجود دارد که امروزه شناسایی و ارزیابی آن‌ها اهمیت ویژه و ابعاد گسترده‌ای

1. Ambrust, Chepil & Siddoway, 1964

پیدا کرده است (آزوغ، خلیلی مقدم، جعفری و قربانی دشتکی، ۱۳۹۴). از آن‌جا که این مواد نیز حاوی سرب هستند، استفاده از آن‌ها خسارت‌های زیست‌محیطی هم در پی دارد. وزش مداوم باد در مناطق بیابانی، موجب پراکندگی این آلودگی‌ها می‌شود. هم‌چنین ۸۰ درصد افرادی که اقدام به پاشش این ماده می‌کنند، دچار مشکلات ریوی می‌شوند (جهان‌جو، ۱۳۷۸). به‌علت اثرات زیست محیطی که این‌گونه مالچ‌ها در کنار تثبیت شن‌های روان و کنترل فرسایش بادی دارند مصرف آن‌ها تنها در شرایط بحرانی از نظر فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار ضروری خواهد بود که این اثرات زیست‌محیطی عبارتند از: دشوار شدن ادامه حیات موجودات خاکزی و گیاهان به‌علت بالارفتن دمای محیط به خاطر تیره بودن رنگ این گونه مالچ و بالا رفتن ضریب جذب حرارتی، مورد دیگر اینکه مالچ‌های ساییده شده توسط باد به تدریج در محیط پراکنده شده و گرد آن‌ها منجر به آلودگی محیط زیست و بروز مشکلاتی در رشد و نمو گیاهان و سلامتی انسان و جانوران می‌شوند (کریم زاده، صفایی، روحانی و ترکش اصفهانی،۱۳۹۰). هم‌چنین از آن‌جا که مالچ یک پوشش نفتی است، اولین اثر آن این است که بعد از پاشیدن، دیگر کسی نمی‌تواند از روی آن حرکت کند زیرا مانند قیری است که تا مدت‌ها نمی‌توان از روی آن رد شد. علاوه بر این همواره بر اثر موقتی و کوتاه‌مدت مالچ تاکید شده است. در منابع مختلف، مدت ماندگاری اثر مالچ در تثبیت ماسه‌های روان بین ۳ تا ۵ سال تخمین زده شده است (حسنی، خدادادی، جعفری، رنجبر و خلیلاوی، ۱۳۹۱).

نتیجه گیری

طرح مدیریت مناطق بیابانی هم‌چون سایر طرح‌های بیابان‌زدایی که همواره هدف مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار را دنبال می‌کند از جمله طرح‌های زیربنایی محسوب می‌شود و زمینه‌ساز ایجاد و توسعه سایر فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی در منطقه است و عمدتاً مشمول کارهای حاکمیتی است. با توجه به وضعیت بحرانی قلعه‌گنج از دیدگاه فرسایش و تخریب خاک و نیز پیامدهای ناگوار حاصل از آن، ارائه راهکارهای مدیریتی برای کنترل آن، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. مالچ‌ها خصوصیات زیادی داشته که باعث می‌شود تا در جهت تثبیت شن جز گزینه‌های اصلی باشند. اما باید توجه داشت که مالچ‌های نفتی اثرات زیست محیطی فراوانی و هزینه‌های بالایی در جهت تثبیت شن‌های روان دارند. بنابر این انتخاب روش و به‌کار بردن وسیله صحیح برای مبارزه با آن باید با مطالعات و بررسی‌های دقیق و توجه به وضع اقلیمی و جغرافیایی و حتی اجتماعی منطقه صورت گیرد نه این‌که به عنوان یک فرمول و یک دستورالعمل برای مبارزه با فرسایش بادی برای کلیه نقاط به‌کاربرده شود اما اقلیم منطقه و ضعف پوشش گیاهی در منطقه، استفاده از اینگونه مواد را یکی از مهمترین راهکارها برای مبارزه با فرسایش بادی در این منطقه نشان می‌دهد هر چند توجه بیشتر به جنبه‌های دیگر این موضوع نیاز است. با این وجود باید برآورد دقیقی از مزایا و مضرات اعمال این روش در مناطق خاص صورت گیرد و در نهایت تصمیم اساسی اتخاذ شود. هم‌چنین حفظ گیاهان موجود و تلاش برای احیای پوشش گیاهی ماسه‌زارها باید اولویت خاصی در برنامه‌های مدیریت مناطق خشک و بیابانی داشته باشد و هر طرح اصلاح و احیا باید نهایتاً منجر به استقرار مناسب گیاهی شوند که منطبق با واقعیات بوم‌شناختی عرصه باشد که به نظر می‌رسد می‌تواند استفاده از مالچ‌های نفتی برای استقرار پوشش گیاهی در منطقه را نیز مورد توجه قرار داد. بنابراین پروژه‌ای با این حجم و با این اهمیت نیاز به بررسی همه‌جانبه دارد و نکات ریزی که پرداختن به آن قبل از شروع پروژه بدون شک نقش زیادی در پیشرفت و موفقیت پروژه بر طبق برنامه زمان‌بندی خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله تشکر ویژه خود را از جناب آقای جواد زمانی برای همفکری و همیاری صمیمانه این پژوهش اعلام می‌دارند. هم‌چنین از اداره کل هواشناسی استان کرمان، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب کرمان و فرمانداری شهرستان جیرفت برای همکاری در تهیه این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

ابراهیمی، افشین (۱۳۸۰)؛ مطالعه میدانی- آزمایشگاهی نقش فراورده‌های بوم‌آورد در تثبیت و استحکام بخشی خشت خام و اندود کاهگل (مطالعه دودی، ذیقورات چغازنبیل)، اصفهان: پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرمت اشیاء، دانشگاه هنر اصفهان.

احمدی، حسین (۱۳۸۳)؛ بررسی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی؛ مجله جنگل و مرتع، شماره ۶۲، ص ۷۰-۶۶. بازیابی از:
www.magiran.com/magtoc.asp?mgID=1226&Number=62&Appendix=0

آزوغ، لیلا؛ خلیلی مقدم، بیژن؛ جعفری، سیروس؛ قربانی دشتکی، شجاع (۱۳۹۴)؛ بررسی اثرات درا مدت کاربرد مالچ نفتی و کنترل بیولوژیکی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ماسه‌های روان؛ اهواز: اولین کنفرانس بین المللی گرد و غبار، دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۳۶۳-۳۵۸. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-TICD01-TICD01_053.html

بیات موحد، فرزاد (۱۳۸۹)؛ جایگاه پوشش گیاهی در کنترل فرسایش بادی؛ تهران: انتشارات آبنوس، ص ۱۶۴.

پویافر، امیرمسعود؛ عسگری‌مقدم، زهرا(۱۳۸۵)؛ بررسی اثرات زیست محیطی کاربرد مالچ‌های نفتی؛ مجله جنگل و مرتع، شماره۷۰، ص ۴۱- ۳۶. بازیابی از:
www.magiran.com/magtoc.asp?mgID=1226&Number=70

جعفریان، وحید (۱۳۸۴)؛ بررسی اثرات کاربرد مالچ نفتی بر جوانه زنی گونه‌های دست کاشت مناطق بیابانی (مطالعه موردی منطقه بوئینگ استان کرمان و پیوشک استان هرمزگان)، اولین همایش ملی فرسایش بادی، ص ۶-۱. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-ISADMC01-ISADMC01_025.html

جهان‌جو، بابک (۱۳۷۸)؛ اثر شیمیایی پلی آکریل آمید در کنترل فرسایش خاک؛ تهران: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

حسنی، مسعود؛ خدادادی، احمد؛ جعفری، محسن؛ رنجبر، علیرضا؛ خلیلاوی، خلیل (۱۳۹۱)؛ جنبه‌های عملیاتی پروژه عظیم تثبیت شن‌های روان، مالچ‌پاشی و درخت‌کاری؛ دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، ص ۹-۱. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-ESPME02-ESPME02_765.html

حیدری، محمد؛ احمدی، حسن؛ اختصاصی، محمدرضا؛ درینی، جواد(۱۳۸۹)؛ بررسی اثر مالچ سنگریزه‌ای و زبری ناشی از آن بر میزان فرسایش بادی در دستگاه سنجش فرسایش بادی؛ یزد: دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد، ص ۸-۱ . بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-ISADMC02-ISADMC02_138.html

دهدشتیان، مهین دخت (۱۳۸۸)؛ مالچ‌های نفتی و اثرات زیست محیطی کاربرد آن، مجله جنگ و مرتع، شماره‌ی ۸۱، ص ۳۱- ۲۶. بازیابی از:
www.magiran.com/magtoc.asp?mgID=Number&۱۲۲۶=۸۱

رفاهی، حسین (۱۳۸۸)؛ فرسایش بادی و کنترل آن؛ تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

سرابیان، لیلا؛ نیکپور، علی (۱۳۸۹)؛ چالش‌ها و براورد خسارات ناشی از پدیده گرد و غبار در بخش کشاورزی؛ دومین همایش ملی فرسایش بادی، ص ۶-۱. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-ISADMC02-ISADMC02_032.html

سمائی، حمیدرضا؛ گلچین، احمد؛ مصدقی، محمدرضا (۱۳۸۵)؛ کنترل آلودگی ناشی از فرسایش بادی به وسیله پلیمرهای محلول در آب؛ همایش خاک و محیط زیست و توسعه پایدار، ص ۲-۱. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-SESDC-SESDC_239.html

غلامی طبس، جواد؛ جعفری، محمد؛ آذرنیوند، حسین (۱۳۹۲)؛ بررسی تأثیر کاشت گونه سیاه تاغ بر پوشش گیاهی و خاک بیابان‌های ماسه‌های تثبیت شده (صمدآباد شهرستان سرخس)، فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال سوم، شماره ۹، ص۴۴- ۳۵. بازیابی از:
www.magazine.hormozgan.ac.ir

کردوانی، پرویز؛ علائی، ابراهیم؛ مشیری، سیدرحیم؛ رحیمی، ناهید (۱۳۹۲)؛ بررسی تأثیر کاربرد مالچ نفتی در تثبیت ماسه‌های روان و توسعه پوشش گیاهی در منطقه آران و بیدگل، فصلنامه علمی – پژوهشی گیاه و زیست بوم، سال ۹، شماره ۳۷، ص ۱۱۲-۱۰۱. بازیابی از
www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=225183

کریم‌زاده، حمیدرضا؛ صفایی قهنویه، احمدرضا؛ روحانی شهرکی، فرزاد؛ ترکش اصفهانی، مصطفی(۱۳۹۰)؛ بررسی و کاربرد مالچ نفتی در کنترل فرسایش بادی و تثبیت شن‌های روان با نگاهی به اثرات زیست محیطی آن، نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی، ص ۵-۱. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-ERANR01-ERANR01_175.html

کلیایی، مهدی (۱۳۸۲)؛ کاهگل و ارزش آن در محافظت از سازه‌های گلین (حفاظت از کوره های عمل‌آوری فلز و پخت
سفال در محوطه تاریخی اریسمان)، اصفهان: پایان‌نامه کارشناسی مرمت آثار تاریخی و فرهنگی، دانشگاه پردیس اصفهان.

مروتی شریف‌آبادی، ابوالفضل (۱۳۸۰). مطالعه فرسایش‌پذیری خاک سطحی توسط باد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در منطقه رودشت اصفهان، اصفهان: پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب کرمان(۱۳۸۹)؛ مطالعات طرح مدیریت مناطق بیابانی قلعه گنج.

موحدان، محمد؛ عباسی، نادر؛ کرامتی طرقی، مجید (۱۳۹۲)؛ بررسی آزمایشگاهی اثر پلی‌ونیل‌استات بر فرسایش بادی خاک‌های مختلف در برابر ماسه، مجله‌ی پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۱. بازیابی از:
https://jsw.um.ac.ir/index.php/jsw/article/download/9695/476

واعظی، علیرضا (۱۳۸۹). کاربرد مالچ‌های نفتی در مهار فرسایش بادی و تثبیت شن‌های روان، دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد. ص ۷-۱. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-ISADMC02-ISADMC02_128.html

Ambrust, D. W., Chepil, W. S., & Siddoway, F. H. (1964). Effect of ridges on erosion of soil by wind. Soil Science Society of

Subramaniam, N., & Chinappa, G. P. (2002). Remote sensing and GIS techniques for land degradation assessment due to water erosion, In 17th WCSS, Thailand.

Yanli, X., & You liu, L. (2003). Effect of gravel mulch on aeolian dust accumulation in the semiarid region of northwest, China. Soil and Tillage Research, 70(21), 73-81. Retrieved from: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016719870200137X

Zezin, A.B., Mikheikin, S.V., Rogacheva, V.B., Zansokhova, M.F., Sybachin, A.V., & Yaroslavov, A.A. (2015). Polymeric stabilizers for protection of soil and ground against wind and water erosion, Journal of Advances in Colloid and Interface Science, 4, 1–13. Retrieved from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26260276

America, Proceedings, 28(8), 557-560. Retrieved from: https://infosys.ars.usda.gov/WindErosion/publications/...pdf/838.pdf

Chepil, W. S. (1956). Influence of moisture on erodibility of soil by wind Soil Science Society of America, Proceedings, 20(7), 288-292. Retrieved from: https://infosys.ars. usda.gov/WindErosion/ publications/…pdf/519.pdf

Chpeil, W. S. (1963). The physics of wind erosion and its control. Agronomy Journal, 15(15), 211-302. Retrieved from: https://infosys.ars.usda.gov/WindErosion/publications/...pdf/795.pdf

Field, J.P., Belnap, J., Breshears, D.D., Neff, J.C., Okin, G.S., Whicker, J.J., Painter, T.H., Ravi, S., Reheis, M.C., & Reynolds, R.L. (2009). the ecology of dust. The Ecological society of America, 423-430. Retrieved from: onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/090050/abstract

Fryrear, D. W., & Koshi, P. T. (1971). Conservation of sandy soils with a surface mulch. Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers, 14, 492- 495. Retrieved from: elibrary.asabe.org/azdez.asp?AID=38321&T=2

Fryrear, D. W., & Skidmore, E. L. (1985). Methods for controlling wind erosion, In R. F. Follet, and B. A. Stewart (Ed.), Soil erosion and crop productivity, ASAE. CSSA-SSSA, Madison, WI, 442-457. Retrieved from: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467

Goudie, A.S., & Middleton, N.J. (2006). Dust storm control. In: Desert Dust in the Global System (eds A. Goudie & N.J. Middleton), 193–199. Springer Science & Business Media Academic Journals, Berlin.

Guthrie, R. L. (1982). Distribution of Great Groups of aridsoils in the United States. In:Yaalon, D. K. (Ed.), Aridic Soil And Geomorphic Processes.

Kardous, M., Bergametti, G. and Marticorena, B.(2005). Wind tunnel experimentsn of the effect of tillage ridge features on wind erosion horizontal fluxes. Geoderma, 23 (10), 3195-3206. Retrieved from: https://www.ann-geophys.net/23/3195/2005/

Qiang Deng, Z., Joao, L.M.P. and Shin Jung, H. 2008. Sediment transport Rate Based Model for Rainfall-Induced Soil Erosion. Catena, 76(1), 54-62. Retrieved from: https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/bitstream/10316/9991/.../ficheiro.p.

Qiang, M., Chen, F., Zhou, A., Xiao, S., Zhang, J., & Wang, Z. (2007). Impacts of wind velocity on sand dust deposition during dust storm as inferred from a series of observations in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau. China Powder Technology, 175, 82-89. Retrieved from: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003259100700006X

Rabiee, A. (2010). Acrylamide-Based Anionic Polyelectrolytes and their Applications: A Survey, Journal of Vinyl and Additive Technology, 16(2), 111-119. Retrieved from: Version of Record online : 28 APR 2010, DOI: 10.1002/vnl.20229

Reynolds, J. F., Smith, D. M. S., & Lambin, E. F. (2007). Global desertification: building a science for dryland development. Journal of Soil Science, 316, 847- 851. Retrieved from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17495163