



مخاطرات محیط‌زیستی فراروی دانش بومی ماسه‌زارهای بیابانی

حسین بتولی*

مقدمه

روان قرار دارند و هر سال با جابه‌جایی خود مشکلات فراوانی را برای جاده‌ها، اراضی کشاورزی، شهرها و تأسیسات به وجود می‌آورند و پیوسته نیز در حال پیش‌روی هستند (بتولی، ۱۳۸۱). پیشینه فعالیت در زمینه کنترل آثار مخرب ماسه‌زارهای روان در قسمت‌های مختلف بیابانی کشور، به بیش از پنج دهه گذشته بازمی‌گردد. پروژه تثبیت شن‌های روان در قالب برنامه مدون از اوایل دهه ۱۳۵۰ توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور آغاز شد و با اجرای عملیات مالچ‌پاشی، احداث انواع بادشکن و تثبیت بیولوژیک در نقاط بحرانی، تلاش‌هایی در راستای ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت «تاغ» (*Haloxylon ammodendron*) (شکل ۱)

و سایر رستنی‌های سازگار به زیست‌بوم بیابانی انجام گرفت (بتولی، ۱۳۷۹). بررسی‌ها نشان داد، تثبیت تل‌ماسه‌ها و جلوگیری از حرکت شن‌های روان به روش‌های مختلف مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی انجام می‌شود که از میان این روش‌ها، تثبیت بیولوژیکی خاک‌های ماسه‌ای، با استفاده از گیاهان سازگار، از نظر محیط‌زیستی، دارای اثرات پایدارتر و سالم‌تر بوده و از نظر اقتصادی نیز

مقرون‌به‌صرفه است (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸؛ Petrov, 1966). ماسه‌زارهای ریگ‌بلند آران و بیدگل، بزرگ‌ترین «ارگ» بیابانی، یکی از گسترده‌ترین ریگ‌زارهای شاخص بیابان‌های مرکزی کشور، در شمال استان اصفهان قرار دارد. این پهنه شنی نواری که در اصطلاح محلی به آن، «بندریگ» یا «نوار ریگ‌بلند» گفته می‌شود، در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال تا شمال شرق شهرستان‌های آران و بیدگل و کاشان گسترش یافته است. طول این پهنه ماسه‌ای حدود ۱۲۰ کیلومتر و عرض متوسط آن بین ۳ تا ۲۵ کیلومتر است (بتولی، ۱۳۸۱) که در محدوده طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و

ماسه‌زارهای بیابانی یکی از شکل‌های ژئومورفولوژی غالب گستره نواحی گرم و خشک بیابانی به‌شمار می‌آید که به‌واسطه ساختار عوامل تشکیل‌دهنده این رخساره، از شرایط اداکیکی خاصی برخوردار هستند. وجود خاک‌های ماسه‌ای با نفوذپذیری بسیار زیاد و حساس در برابر فرسایش بادی، حاکمیت طوفان شن، فقر مواد غذایی خاک، کمبود رطوبت نسبی، فراوانی انرژی نورانی خورشید، نقصان نزولات جوی و خشکی مفرط هوا، از جمله ویژگی‌های برجسته ماسه‌زارهای بیابانی است که استقرار گیاهان شن‌دوست را محدود می‌کند و سبب کاهش تنوع و تراکم پوشش گیاهی می‌شود (بتولی و شاهمرادی، ۱۳۹۱).

اراضی ماسه‌ای که به بیابان‌های ماسه‌ای یا «ارگ» موسوم است از عوارض مهم در مناطق بیابانی هستند. این نوع بیابان‌ها در نتیجه فرسایش شدید سایر مناطق و حمل ماسه و انباشته شدن آن حاصل می‌شوند و در صورت تداوم وزش باد و طوفان در این مناطق، پیوسته تپه‌های ماسه‌ای جدید تشکیل می‌شوند (احمدی، ۱۳۸۷).

مناطق خشک و بیابانی، یکی از اکوسیستم‌های بسیار حساس موجود در

طبیعت است که به‌واسطه عوامل محدودکننده متنوع حاکم بر این مناطق، باعث ایجاد شرایط خاص محیط‌زیستی شده و در نتیجه تنوع گیاهی آن بسیار محدود می‌شود (کردوانی، ۱۳۷۳).

بیش از چهل و شش هزار کیلومتر مربع از اراضی بیابانی کشور را پهنه‌های ماسه‌ای تشکیل می‌دهد (عباسی، ۱۳۹۲). بخشی از گستره ماسه‌زارهای بیابانی به لحاظ استقرار گیاهان ماسه‌دوست، امروزه به‌عنوان تپه‌های شنی پوشیده از گیاه تلقی شده و جزو اراضی ماسه‌ای تثبیت شده قرار می‌گیرند، با این وجود، بخش قابل‌توجهی از پهنه‌های شنی بدون پوشش گیاهی هستند و به لحاظ حاکمیت باد و سیطره انواع استرس‌های محیطی، جزو تپه‌های ماسه‌ای فعال و

مناطق خشک و بیابانی، یکی از اکوسیستم‌های بسیار حساس موجود در طبیعت است که به‌واسطه عوامل محدودکننده متنوع حاکم بر این مناطق، باعث ایجاد شرایط خاص محیط‌زیستی شده و در نتیجه تنوع گیاهی آن بسیار محدود می‌شود.

* دانشیار پژوهش، باغ گیاه‌شناسی کاشان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
پست الکترونیک: Ho_Batooli@yahoo.com



۳۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه قرار دارد. تنوع ارتفاعی تپه‌های شنی ریگ‌بلند، از ۷۸۰ متر تا ۱۱۰۰ متر از سطح دریا و مساحت آن، بیش از ۱۶۸۰۰۰ هکتار است. گستره بوم‌شناسی ریگ‌بلند بیش از ۲۵ روستا، مزرعه و واحه دارد (بتولی، ۱۳۹۲). به دلیل وجود انواع تنش‌های محیطی در ماسه‌زارهای ریگ‌بلند و نزدیکی این پهنه شنی گسترده به شهرستان‌های آران و بیدگل و کاشان، از اوایل دهه پنجاه فعالیت‌های منسجمی توسط دستگاه‌های ذی‌ربط اجرایی، در راستای تثبیت شن‌های روان در محدوده‌های پیرامونی (جنوبی، شرقی و غربی) نوار ریگ‌بلند آغاز شد. پس از چهار دهه تلاش برای کاهش تهدیدات محیط‌زیستی ناشی از فرسایش بادی، بخش قابل توجهی از ماسه‌زارهای بیابانی شمال تا شمال غرب و شمال شرق شهرها و روستاهای پیرامون آن تثبیت شده است. عملیات مشترک فیزیکی (احداث بادشکن)، شیمیایی (مالج‌پاشی) و بیولوژیک (ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت)؛ منجر به پایداری نسبی این اکوسیستم شده است. جنگل‌کاری‌های تاغ، کاشت سایر گونه‌های درختچه‌ای بیابانی نظیر «قره‌داغ» (*Nitraria schoberi*) و «آشنان» (*Seidlitzia rosmarinus*) در عرصه مراتع قشلاقی، علاوه بر کاهش صدمات ناشی از فرسایش بادی، میزان بهره‌مندی از ذخایر ژنتیک گیاهی مراتع این پهنه اکولوژیک را نیز دو چندان کرده است (بتولی، ۱۳۷۹).

دانش بومی زراعت دیم در ماسه‌زارهای بیابانی

بیابان‌نشینان از گذشته‌های بسیار دور به توان طبیعی ذخیره رطوبت در قشرهای زیرین تپه‌های ماسه‌ای واقف بوده‌اند و از این توانمندی در راستای نوعی زراعت دیم بهره گرفته‌اند. شنزارهای بیابانی دارای خاک ماسه‌ای و بسیار نفوذپذیر هستند، بنابراین قدرت ذخیره‌رواناب‌های جاری و ریزش‌های جوی زمستانه را در قشرهای تحتانی خود دارند. رطوبت نهفته در این قشر

از خاک، توانایی تأمین نیازهای آبی گیاهان شن‌دوست بیابانی استقرار یافته در تپه‌های ماسه‌ای را دارد و از این پتانسیل، می‌توان در راستای نوعی زراعت دیم در گستره ماسه‌زارها بهره جست. مردم سخت‌کوش حاشیه بیابان‌های آران و بیدگل (شمال استان اصفهان)، برخلاف روش‌های معمول آبیاری، با بهره‌گیری از شیوه آبیاری ابتکاری خود (به‌عنوان تجربه‌ای نادر در سطح جهان)، به جای رساندن آب به ریشه گیاه، ریشه رُستنی‌ها را به آب پنهان موجود در پیکره تپه‌های ماسه‌ای می‌رسانند (بتولی، ۱۳۸۱). در این شیوه زراعت دیم که بر پایه نوعی دانش بومی خلافتانه بنا شده است، بیابان‌نشینان حاشیه ماسه‌زارهای ریگ‌بلند آران و بیدگل با تسطیح اراضی مابین تپه‌های شنی (چاله ریگ‌ها) که به سطح ایستایی سفره‌های آب زیرزمینی نزدیک هستند (رطوبت موجود در عمق یک تا یک و نیم متری)، زمین‌های زراعی به ابعاد ۱۰ × ۱۰ متر مربع تا ۴۰ × ۴۰ متر مربعی را برای کشت دیم ایجاد می‌کنند. سپس درون بستر چاله‌ها، گودال‌هایی به عرض ۳۰ سانتی‌متر و عمق یک متر و با فاصله یک و نیم متر از یکدیگر حفر می‌کنند. نزدیک به ۴۰ سانتی‌متر از عمق گودال‌ها را با کود پوسیده دامی و مابقی آن را توسط خاک ماسه‌ای سطحی پر می‌کنند. سپس در اوایل اردیبهشت ماه اقدام به کشت بذر نوعی هندوانه بومی می‌کنند. این روش زراعت دیم از گذشته‌های دور تاکنون، در نواحی مابین تپه‌های شنی ماسه‌زارهای ریگ‌بلند آران و بیدگل مرسوم بوده است (شکل ۲). از جمله مزارع بیابانی که در آن به‌صورت لکه‌های کوچک اقدام به این نوع کشت می‌کردند، می‌توان به «چاله چهارطاقی»، «چاله سُنَبک»، «چاله کُنجه»، «چاه عروس»، «چاه شیرین»، «ارغوانی»، «قندی‌آباد» و بیابان‌های «تخت عمر» واقع در نواحی پیرامونی تپه‌های شنی ریگ‌بلند (بیابان‌های شمال آران و بیدگل) اشاره کرد. تا چهار دهه گذشته این نوع زراعت صیفی در اغلب مزارع یاد شده انجام می‌شد. هم‌اکنون این نوع فعالیت زراعی دیم، تنها،



شکل ۱- جنگل‌های دست‌کاشت «تاغ» (*Haloxylon ammodendron*) در گستره ماسه‌زارهای بیابانی تثبیت شده ضلع شرقی ریگ‌بلند آران و بیدگل

در دو مزرعه چاله چهارطاقی و چاله سُنَبک انجام می‌شود.

توانمندی طبیعی ماسه‌زارهای بیابانی و مخاطرات محیط‌زیستی فراروی آن

براساس پیمایش‌های میدانی انجام شده در گستره ماسه‌زارهای بیابانی ریگ‌بلند آران و بیدگل، تنها، دو مزرعه چاله سُنَبک و چاله چهارطاقی زیر کشت زراعت دیم هندوانه هستند و مابقی مزارع، به دلیل عدم صرفه اقتصادی، زراعت را رها کردند. در شیوه سنتی مرسوم این نوع کشت، تنها با تسطیح ناچیز بستر چاله‌های مابین تپه‌های شنی، عملیات زراعت این نوع صیفی انجام می‌شود. با این روش سنتی که در ساختار طبیعی ژئومرفولوژی ماسه‌های بادی تغییری ایجاد نمی‌کند، زیست‌بوم ماسه‌زارها تهدید نمی‌شود و تنها از شرایط زیست‌بوم طبیعی ماسه‌زارها به‌منظور کشت هندوانه استفاده می‌کنند. اما طی چند سال اخیر به‌ویژه در گستره ماسه‌زارهایی که دارای اُفت سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی بوده (مزرعه چاله چهارطاقی)، برخی از مالکین چاله‌های کشت هندوانه به‌منظور دسترسی آسان‌تر به منابع آبی مطمئن و با هدف گسترش بیشتر ابعاد چاله‌ها، اقدام به برداشت بیش از اندازه خاک ماسه‌ای بستر چاله‌ها می‌کنند. و با استفاده از ماشین‌آلات سنگین نظیر بُلدوزر، لودر و تراکتور، بیش از یک تا سه متر از عمق خاک بستر سطحی چاله‌ها را تخلیه و اقدام به زراعت دیم می‌کنند (شکل ۳). اعمال چنین فرایندی منجر به زه‌کشی سریع رطوبت انباشته شده در تپه‌های ماسه‌ای می‌شود و با ظاهر شدن سطح ایستابی آب سفره‌ها، ذخایر آبی لایه‌های ماسه‌ای چاله ریگ‌ها، در معرض تبخیر مستقیم محیط قرار می‌گیرند. این شیوه برخورد غیراصولی با طبیعت ماسه‌زارها، به دلیل تخریب ساختار طبیعی اکوسیستم بیابان، نه تنها امکان زراعت دیم را براساس دانش بومی، به خطر می‌اندازد، بلکه موجب تبخیر مستقیم آب و اُفت شدید سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی نیز می‌شود. کاهش رطوبت نهفته موجود در تپه‌های ماسه‌ای، صدمات غیرقابل جبرانی را برای ادامه حیات بیشتر عناصر گیاهی شن‌دوست، به‌ویژه درختچه‌زارهای استقرار یافته در دامنه تپه‌های ماسه‌ای (نظیر گونه‌های مختلف اسکنبیل و دُم‌گاو) و سایر علفزارها و رُستنی‌های موجود در این زیست‌بوم به همراه دارد. متأسفانه این روش سودجویانه طی چند سال اخیر، به دلیل دسترسی افراد فرصت‌طلب به ماشین‌آلات سنگین و عدم مدیریت یکپارچه مبتنی بر توانمندی طبیعی زراعت دیم، به‌ویژه در گستره چاله‌های فعال در مزرعه چهارطاقی، به فراوانی دیده می‌شود و یکی از پیامدهای مخرب محیط‌زیستی آن، زوال پوشش گیاهی بومی تپه‌های شنی ریگ‌بلند است. بررسی‌های میدانی در ماسه‌زارهای پیرامونی چاله‌های دیم‌کاری شده نشان داد، بیش از شصت تا هفتاد درصد از گونه‌های گیاهی ماسه‌دوست (Psammophyte) درختچه‌ای استقرار یافته در دامنه چاله ریگ‌ها و بستر کوچه ریگ‌ها (گونه‌های مختلف جنس اسکنبیل) به‌طورکلی خشک شده‌اند (شکل ۴).



شکل ۲- یک نمونه از چاله‌های کشت هندوانه دیم واقع در مزرعه «سُنَبک» (ماسه‌زارهای ریگ‌بلند شمال آران و بیدگل)



شکل ۳- حفاری بستر چاله‌های هندوانه‌کاری دیم برای دسترسی بیشتر به رطوبت سطحی توسط ماشین‌آلات سنگین لودر (چاله‌های مزرعه چهارطاقی واقع در ماسه‌زارهای ریگ‌بلند آران و بیدگل)



شکل ۴- زوال پوشش گیاهی درختچه‌زارهای بیابانی اسکنبیل در اثر وقوع خشک‌سالی‌های طولانی و فقدان رطوبت تپه‌های ماسه‌ای (چاله ریگ‌های اطراف مزرعه سُنَبک واقع در ماسه‌زارهای ریگ‌بلند آران و بیدگل)

بدیهی است به دلیل اُفت شدید و ناگهانی رطوبت موجود در دامنه چاله ریگ‌ها، شبکه گسترده ریشه‌های افقی این گونه شن‌دوست‌ها در معرض خشکی و کم‌آبی شدید قرار گرفته‌اند و روند زوال پوشش گیاهی درختچه‌زارهای اسکنبیل طی دهه اخیر به‌روشنی، دیده می‌شود. به‌عنوان مثال تا دو دهه گذشته، درختچه‌زارهای طبیعی زیادی از پایه‌های «قیچ کاشانی» (*Zygophyllum eichwaldii*), «جغغفک» (*Prosopis farcta*) و «دُم‌گاو» (*Smirnovia turkestanica*) با سیستم ریشه‌های گسترده افقی، در چاله‌های دیم‌کاری دامنه شیب‌های چاله ریگ‌ها، وجود داشت که متأسفانه امروز، تنها در بستر چاله‌های رها شده یا در اراضی دارای رطوبت کافی می‌رویند (شکل ۵).



شکل ۵- استقرار رستنی‌های ماسه‌دوست «قیچ کاشانی» و «خارشتر» در چاله‌های دیم‌کاری هندوانه رهاشده (ماسه‌زارهای ریگ‌بلند مزرعه چاله چهارطاقی واقع در شمال آران و بیدگل)



شکل ۷- احداث اتاقک در پیرامون چاله‌های دیم‌کاری هندوانه (ماسه‌زارهای ریگ‌بلند مزرعه چاله چهارطاقی واقع در شمال آران و بیدگل)



شکل ۶- ساخت‌وسازهای غیراصولی و احداث اتاقک در پیرامون چاله‌های دیم‌کاری هندوانه (ماسه‌زارهای ریگ‌بلند مزرعه چاله چهارطاقی واقع در شمال آران و بیدگل)

طوفان‌های موسمی در این پهنه و سست و ناپایدار بودن خاک ماسه‌ای و سبک گستره تپه‌های شنی، ساکنین و مالکین فعلی چنین اراضی، برای مهار تبعات ناشی از صدمات طوفان شن و جلوگیری از هجوم ماسه‌های روان و فعال به درون اتاقک‌ها و ساختمان‌های احداث شده، اقدام به چیدن لاستیک‌های خودرو در بخش قابل توجهی از دامنه تپه‌های شنی و محیط پیرامونی سکونتگاه‌ها کرده‌اند که مناظر بسیار نازیبایی را برای این زیست‌بوم ایجاد کرده است (شکل ۸). همچنین زیستگاه طبیعی حیات وحش را نیز دستخوش تغییرات جدی کرده است. بدیهی است هرگونه فعالیت عمرانی در رویشگاه‌های طبیعی بیابان، تهدیدات و مخاطراتی را به محیط زیست طبیعی تحمیل می‌کند که ابعاد خطرات احتمالی آن با توجه به ماهیت پروژه و

علاوه‌براین، طی چند سال اخیر، به دلیل عدم مدیریت مناسب دستگاه‌های اجرایی بر وضعیت طبیعی اکوسیستم تپه‌های ماسه‌ای، مالکین بیشتر چاله‌های هندوانه‌کاری مزرعه چهارطاقی، اقدام به ساخت اتاقک، باغ ویلای بیابانی، آلاچیق، فنس‌کشی، احداث دیوار سیمانی یا آجری و ساخت‌وسازهای غیرمعارف و غیرقانونی در محیط پیرامونی چاله ریگ‌ها کرده‌اند (شکل‌های ۶ و ۷). فرایند تخریب محیط زیستی ناهنجار در زیست‌بوم بیابانی، نه تنها سیمای طبیعی چشم‌انداز اکوسیستم بیابانی را ناخوشایند کرده، بلکه شرایط زیست را برای بیشتر زیست‌مندان ساکن در گستره ماسه‌زارها، نظیر پستانداران، خزندگان، جوندگان و پرندگان سازگار با این زیست‌بوم را نیز به خطر انداخته است. علاوه‌بر آن، به واسطه حاکمیت باد و

ملاحظات محیط‌زیستی متفاوت خواهد بود.

(شکل‌های ۹ تا ۱۰). بدیهی است در این شیوه زراعت به دلیل فقدان خاک حاصلخیز و به‌واسطه عدم قدرت نگهداری و حفظ رطوبت در خاک، آبیاری غرقابی چنین کت‌هایی اقدامی در تناقض با اصول توسعه پایدار کشاورزی بوده و نه تنها منجر به تبخیر شدید آب‌های سطحی شده، بلکه از منظر اقتصادی هم هیچ‌گونه توجیه علمی و منطقی ندارد. دخالت‌های بی‌رویه و بلندپروازانه مالکین ناآگاه از معیارهای بوم‌شناسی اکوسیستم شکننده محیط بیابان، سیر قهقرایی فزاینده‌ای را فراروی مدیریت اجرایی منابع طبیعی قرار داده است. متأسفانه تاکنون هیچ دستگاه متولی با این‌گونه مداخلات مخرب در اکوسیستم برخورد نکرده است و شوربختانه به شکل ناباورانه‌ای در حال گسترش است. زنگ خطر این هشدار

یکی از پدیده‌های مخرب محیط‌زیستی بسیار تأسف باری که طی چند سال اخیر در چاله‌های دیم مزرعه چاله چهارطاقی به‌شدت در حال رواج است، حفاری چاهک‌های متعدد در درون چاله ریگ‌ها و نصب الکتروپمپ برقی برای استحصال آب انباشته شده درون بستر تپه‌های شنی به‌منظور کشت آبی انواع سبزیجات و صیفی‌جات است. در این شیوه غلط با پمپاژ کردن آب سطحی درون چاهک‌ها، کت‌هایی را در خاک ماسه‌ای بخش‌های فوقانی تپه‌های ماسه‌ای ایجاد کرده و اقدام به کشت انواع سبزیجات (نظیر پیازچه، تربچه، ریحان، اسفناج، گشنیز و غیره) و صیفی‌جات (نظیر خربزه، خیار، کدو، گوجه، بادمجان و غیره) و حتی زراعت پنبه و کرچک کرده‌اند



شکل ۸- چیدن لاستیک‌های خودرو در اطراف چاله‌های هندوانه‌کاری دیم به‌عنوان بادشکن (چاله‌های مزرعه چهارطاقی واقع در ماسه‌زارهای ریگ‌بلند آران و بیدگل)



شکل ۱۰- احداث برکه‌های سیمانی ذخیره آب برای زراعت آبی با هدف کشت سبزیجات واقع در حاشیه چاله‌های دیم (ماسه‌زارهای ریگ‌بلند مزرعه چاله چهارطاقی واقع در شمال آران و بیدگل)



شکل ۹- حفاری چاهک و کول‌گذاری بستر چاله‌های دیم‌کاری با هدف دسترسی به آب سطحی جهت پمپاژ آن برای زراعت آبی غرقابی (ماسه‌زارهای ریگ‌بلند مزرعه چاله چهارطاقی واقع در شمال آران و بیدگل)



شکل ۱۲- فعالیت‌های کشاورزی (احداث باغ بسته) در حاشیه ماسه‌زارهای ریگ‌بلند شمال آران و بیدگل



شکل ۱۱- فعالیت‌های کشاورزی (زراعت غلات) در حاشیه ماسه‌زارهای ریگ‌بلند شمال آران و بیدگل

کاشت، نگهداری و برداشت محصول را نیز افزایش می‌دهد. این در حالی است که ماندگاری گیاهان زراعی و باغی در شرایط گرمای طاقت‌فرسای تابستان، با چالش‌های متعددی همراه است.

منابع

- احمدی، ح.، ۱۳۸۷. ژئومرفولوژی کاربردی، فرسایش بادی، جلد ۲، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۷۰۶ صفحه.
- بتولی، ح.، ۱۳۷۹. مدیریت زیست‌شناختی بیابان‌ها با استفاده از گیاهان بومی (Endemic) به منظور تنوع پوشش گیاهی و تبیین پایداری طبیعی. همایش منطقه‌ای توسعه پایدار زیست‌بوم‌های بیابانی، استانداری یزد، ۱۵ اردیبهشت ۱۳۷۹، ۱۶-۱۵.
- بتولی، ح.، ۱۳۸۱. بررسی اکولوژیک جوامع گیاهی ماسه‌زارهای ریگ‌بلند کاشان. پایان‌نامه دوره دکتری اکولوژی گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات، ۳۷۸ صفحه.
- بتولی، ح. و شاهمرادی، ا.ع.، ۱۳۹۱. آت‌اکولوژی گیاه مرتعی «علف شتر» (*Asthenatherum forsskalii* (Vahl) Nevski) در ماسه‌زارهای بیابانی استان اصفهان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۹(۳): ۴۹۷-۴۹۰.
- بتولی، ح.، ۱۳۹۲. بررسی تنوع زیستی و سیمای رویشی رستنی‌های مستقر در زیستگاه‌های ماسه‌زارهای ریگ‌بلند آران و بیدگل. گیاه و زیست‌بوم، ۳۴: ۶۵-۴۷.
- جعفری، م.، طویلی، ع.، رستم‌پور، م.، زارع‌چاهوکی، م.ع. و فرزادمهر، ج.، ۱۳۸۸. بررسی عامل‌های محیطی مؤثر بر برانکس پوشش گیاهی مراتع زیرکوه شهرستان قاین. مدیریت مرتع و آبخیز، ۲۱۳(۲): ۱۹۷-۱۹۰.
- عباسی، ح.ر.، ۱۳۹۲. تعیین اشکال ناهمواری‌ها، خصوصیات فیزیکی شیمیایی و مینرالوژیکی شنزارهای کشور. گزارش نهایی طرح پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۲۸۶ صفحه.
- کردوانی، ب.، ۱۳۷۳. مناطق خشک (ویژگی‌های اقلیمی، علل خشکی و چگونگی پیدایش)، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۵۰ صفحه.
- Petrov, M., 1966. Once again about the desiccation of Asia. *Soviet Geography*, 7: 15-24.

محیط‌زیستی در زوال پوشش گیاهی ماسه‌زارهای ریگ‌بلند، به‌روشنی قابل درک است. امروزه وضعیت زنده‌مانی و حیات بیشتر رستنی‌های شن‌دوست حاشیه چاله ریگ‌ها، بسیار ناامیدکننده است. خشکی مفرط هوا، کمبود نزولات آسمانی، افزایش نسبی درجه حرارت سالیانه، فراوانی تشعشعات نورانی، سیطره باد و طوفان‌های موسمی، بالا بودن تبخیر و تعرق سالیانه و حاکمیت انواع تنش‌های محیطی، از آسیب‌های پرمخاطره‌ای محسوب می‌شوند که اکوسیستم ناپایدار بیابان را دستخوش نابسامانی‌های پیچیده کرده است. این در حالی است که اقدامات نابخردانه ساکنین غیرمسئول، موجب تشدید استرس‌های محیطی شده است. بنابراین در صورتی که متولیان امر، اقدامی منسجم و هدفمند برای ترمیم خسارت ناشی از دست‌کاری‌های بی‌شمار در این عرصه بیولوژیک، اتخاذ نکنند؛ بدون شک پیامدهای بسیار نامیمونی را می‌بایست انتظار داشته باشیم. در حاشیه برخی از چاله‌های دیم‌کاری مزرعه چاله چهارطاقی، علاوه بر اجرای ساخت‌وسازهای غیراصولی، نظیر دیوارکشی و ساخت اطاقک، اقدام به احداث خانه باغ بیابانی و کشت گونه‌های درختی شمر می‌کنند. حفاظت از رطوبت ذخیره شده موجود در چاله ریگ‌های تپه‌های ماسه‌ای به دلیل تأمین نیاز آبی گیاهان شن‌دوست بیابانی مستقر در گستره ماسه‌زارها، از اولویت ویژه مبانی آمایش سرزمین در زیست‌بوم‌های بسیار حساس و شکننده محسوب می‌شود. بدیهی است هرگونه اقدامی جدا از این وضعیت بوم‌شناسی، مغایر با اصول توسعه پایدار تلقی شده و در بازه زمانی بلندمدت موجب آسیب‌های جبران‌ناپذیر در عرصه‌های بیابانی می‌شود. هرگونه فعالیت کشاورزی در حاشیه تپه‌های ماسه‌ای ریگ‌بلند، اعم از کشت محصولات زراعی (غلات، صیفی‌جات و گیاهان علوفه‌ای) (شکل ۱۱) و احداث باغ‌های میوه (حتی باغ بسته) (شکل ۱۲)؛ به دلیل پمپاژ کردن آب سطحی ماسه‌زارها و اعمال آبیاری غرقابی، رطوبت شنزارها را تهدید می‌کند. همچنین به دلیل فقیر بودن خاک ماسه‌ای چنین اراضی، هزینه‌های