Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891
Online ISSN: 2676-5039

Comparison of germination and characteristics of desert mustard seedlings in the growth substrates of mineral tailings and habitat soil

Hamid Reza Naseri*[1], Mohamad Reza Ahmadi Kohbanani [2], Aniseh Azizabadi Farahani[3], Javad Shahbodaghi[4], Ahmad Yazdanpanah Shahabadi [5]

1. Corresponding author; Assistant Prof., International Desert Research Center, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: hrnaseri@ut.ac.ir
2. MSc. in Geology, Gol Gohar Research and Technology Management, Sirjan, Iran.
3. MSc. in Coexisting with Desert, International Desert Research Center, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. MSc. in Horticulture, Gol Gohar, Mining and Industrial Company, Sirjan, Iran.
5. MSc. in Watershed management, International Desert Research Center, University of Tehran, Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 09.13.2021
Revised: 12.22.2021
Accepted: 01.10.2022

Keywords:
Rehabilitation,
Seeds,
Seedling Growth,
Gol Gohar,
Iron Mine.

Abstract

Background and objectives: Iron and related mineral industries are one of the important pillars in industrial development. Extraction of iron ore and steel production is not possible without land degradation, and in this process, in addition to steel, is a large volume of mineral tailings which if not properly managed, will be able to pollute soil, air, and water, that can pose significant health challenges. The aim of this study is to evaluate the establishment and germination of desert mustard on Gol Gohar iron mine tailings in sake of biological rehabilitation of the tailings.

Methodology: At first, sampling of tailings and soil of desert mustard (*Sinapis arvensis* L.) habitat from Gol Gohar mine area were taken. In order to compare the particle dimensions, Granulation was done by dry sieving for both substrates and some of their physicochemical properties were investigated. Properties such as bulk density, EC, pH, Organic carbon, Phosphorus, Nitrogen, and Lime for tailings and soil were determined by conventional laboratory methods. Desert mustard seeds before planting in soil and tailing, were tested for germination. After ensuring the vigour and germination of seeds, they were planted in plastic pots with soil and mineral tailings and randomly placed in the growth chamber, irrigated daily with distilled water until the end of the experiment. Germination was recorded daily for 16 days until germination stopped. After this period, the planting medium of the pots was washed with a gentle stream of water and the seedlings of each treatment were weighed separately and their root and shoot lengths were measured. By counting the germinated seedlings, Germination Percentage, Mean Germination Time, Coefficient of Velocity of Germination, Germination Index, Mean Daily Germination Percent, Peak Value for Germination, T50, Germination Value, Seedling Vigour Index were calculated based on the Common formulas, and at the final step, the mean of all data was tested by means of an independent t-test.

Results: The results of the independent t-test showed that there was no significant difference between pH and EC in the two substrates, but the difference between Carbons, Phosphorus, Nitrogen, Lime; Specific mass, mean particle diameter, and φ index between the two treatments is statistically significant ($P < 0.01$). The Mean Daily Germination Percent results show that the onset of seed germination was the same in two treatments, but the peak of germination has occurred for the soil substrate of 16.66% on the fourth day and for the tailings substrate of 12.85% on

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

the fifth day so in addition to the peak germination time, Germination Percentage is less in the tailing substrate. Although the Germination Percentage in the soil of the mustard habitat is equal to 64.28% and this is more than the Germination Percentage in tailings substrates, which is 56.19%, but as the Coefficient of Velocity of Germination and Mean Daily Germination Percent, the difference between the means is not statistically significant. This is while Mean Germination Time, Seedling Vigour Index, and T50 showed a significant difference ($P < 0.05$), in other hands the difference between the mean of the other parameters included Germination Value, Peak Value for Germination, Germination Index, Seedling weight, and Root to stem ratio, also is significant ($P < 0.01$).

Conclusion: The results showed that the lack of N, C, and P in mineral tailings have a negative and inhibitory effect on the growth of mustard seedlings. Strengthening the tailings with nutrients is a vital treatment for the establishment and growth of plant seedlings, meanwhile adding Lime to tailings is essential to reduce the negative effects of heavy metals on plants and soil. On the other hand, it should be borne in mind that ecological remediation of mineral tailings will not be available in the short term without the use of unpolluted and biologically active soil, so topsoil and overburden can be used as an important and reliable source of seeds for regenerate vegetation.

Cite this article: Naseri, H.R., M.R. Ahmadi Kohbanani, A. Azizabadi Farahani, J. Shahbodaghi, A. Yazdanpanah Shahabadi, 2022. Comparison of germination and characteristics of desert mustard seedlings in the growth substrates of mineral tailings and habitat soil. Journal of Rangeland, 16(1): 206-221.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

مقایسه جوانه‌زنی و خصوصیات نو نهال‌های خردل بیابانی در بستر کشت باطله معدنی آهن و خاک رویشگاه

حمیدرضا ناصری[۱*]، محمدرضا احمدی کوهبنانی[۲]، انسیه عزیزآبادی فراهانی[۳]، جواد شاهبداغی[۴] و احمد یزدان پناه شاه‌آبادی[۵]

۱. نویسنده مسئول، استادیار مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: hrnaseri@ut.ac.ir

۲. کارشناسی ارشد زمین شناسی، مدیریت تحقیقات و فناوری، شرکت معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان، کرمان، ایران.

۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد همزیستی با بیابان، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴. کارشناسی ارشد باغبانی، شرکت معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان، کرمان، ایران.

۵. کارشناسی ارشد آبخیزداری، ایستگاه پژوهشی کرمان، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۶/۲۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰

واژه‌های کلیدی:
احیاء،
بذر،
رشد گیاه،
گل‌گهر،
معدن آهن

چکیده

سابقه و هدف: آهن و صنایع معدنی وابسته به آن یکی ازارکان مهم در توسعه صنعتی به شمار می‌روند. استخراج سنگ آهن و تولید فولاد بدون تخریب اراضی میسر نیست و ماحصل آن علاوه بر فولاد، حجم زیادی باطله‌های معدنی و مواد دفعی معدنی هستند که اگر به درستی مدیریت و احیاء نشوند، خاک، هوا و آب را به طور جدی آلوده کرده و چالش‌های بهداشتی مهمی ایجاد می‌کنند. هدف از این تحقیق ارزیابی استقرار و جوانه‌زنی خردل بیابانی بر روی باطله‌های معدن آهن گل گهر به منظور احیاء بیولوژیکی باطله‌ها است.

مواد و روش‌ها: در ابتدا نمونه برداری از باطله و خاک رویشگاه خردل بیابانی از محدوده معدن گل‌گهر انجام شد. به منظور مقایسه ابعاد ذرات، دانه‌بندی باطله و خاک رویشگاه با روش الک خشک صورت پذیرفت. ویژگی‌هایی چون جرم حجمی، شوری، اسیدیته، کربن، فسفر، نیتروژن و آهک برای باطله و خاک رویشگاه با روش‌های متداول آزمایشگاهی تعیین شدند. بذرها خردل بیابانی قبل از کاشت در بستر کشت باطله و خاک مورد سنجش جوانه‌زنی قرار گرفتند. بذرها پس از اطمینان از دارا بودن قوه نامیه و جوانه‌زنی، در گلدان‌های پلاستیکی با بستر کاشت خاک رویشگاه و باطله معدنی کاشته و به طور تصادفی در اتاقک رشد قرار داده شدند و به صورت روزانه تا پایان دوره آزمایش با آب مقطر آبیاری شدند. پس از توقف جوانه‌زنی، بستر کاشت گلدان‌ها با جریان آب آرام شسته شده و نونهال‌های هر گلدان جدا شدند. با شمارش نونهال‌های سبز شده محاسبه درصد جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، زمان رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد، میانگین درصد جوانه‌زنی روزانه، پیک جوانه‌زنی روزانه، ارزش جوانه‌زنی بذرها و شاخص بنیه گیاه‌چه بر اساس روابط متداول انجام شد و در پایان میانگین کلیه داده‌ها با روش تی مستقل مورد آزمون مقایسه میانگین قرار گرفتند.

نتایج: نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که بین pH و EC در دو بستر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما اختلاف میانگین کربن، فسفر، نیتروژن، آهک، جرم‌حجمی، قطر ذرات و شاخص φ بین دو تیمار معنی‌دار است ($P<0/01$). نتایج مربوط به مقادیر متوسط درصد جوانه‌زنی روزانه را نشان می‌دهد که آغاز جوانه‌زنی بذرها در دو تیمار همزمان بوده است، اما اوج جوانه‌زنی برای بستر کشت خاک رویشگاه به میزان ۱۶/۶۶ درصد در روز چهارم و برای بستر باطله به میزان ۱۲/۸۵در روز پنجم رخ داده است. بنابراین علاوه بر زمان پیک جوانه‌زنی،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

مقدار جوانه‌زنی در بستر کشت باطله کمتر است. اگرچه درصد جوانه‌زنی در خاک رویشگاه خردل برابر با ۶۴/۲۸ درصد بوده و این بیش از درصد جوانه‌زنی ۵۶/۱۹ درصدی بستر باطله معدنی است، اما مانند ضریب سرعت جوانه‌زنی و میانگین درصد جوانه‌زنی روزانه، تفاوت بین میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار نیست. در حالیکه میانگین زمان جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه و زمان رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵)، تفاوت میانگین سایر پارامترها شامل ارزش جوانه‌زنی، پیک جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، وزن گیاهچه و نسبت ریشه به ساقه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که فقدان N، C و P در باطله‌های معدنی اثر منفی و بازدارنده‌ای بر رشد نونهال‌های خردل دارد و تقویت باطله‌ها با مواد مغذی یک موضوع مهم برای استقرار و رشد نهال‌های گیاهی حیاتی است، در این میان افزودن آهک به باطله برای کاهش اثرات منفی فلزات سنگین بر روی گیاهان و خاک ضروری است، از سوی دیگر این نکته نیز باید مد نظر باشد که ترمیم اکولویکی باطله‌های معدنی بدون به کارگیری خاک غیرآلوده و فعال از نظر بیولوژیکی و در کوتاه مدت قابل دسترس نخواهد بود و خاک سطحی و روباره‌ها می‌توانند به عنوان یک منبع مهم و مطمئن جهت تامین بذرها گیاهان برای احیای پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: ناصری، ح.ر.، م.ر. احمدی کوهبنانی، ا. عزیزآبادی فراهانی، ج. شاهبداغی و ا. یزدان پناه شاه‌آبادی، ۱۴۰۱. مقایسه جوانه‌زنی و خصوصیات نو نهال‌های خردل بیابانی در بستر کشت باطله معدنی آهن و خاک رویشگاه. مرتع، ۱۶(۱): ۲۰۶-۲۲۱.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

مقدمه

بهره‌برداری بشر از منابع زمین قدمتی به طول تاریخ بشریت دارد. بررسی متون تاریخی نشان می‌دهد استفاده از منابع مختلف تا پیش از انقلاب صنعتی اروپا با چالش جدی مواجه نبوده است و بین نیازهای بشر و منابع تعادلی برقرار بوده است (۲۵) و پیامدهای مصرف به میزانی نبوده است که به ایجاد بحران منجر شود. انقلاب صنعتی و شتاب بهره‌برداری از منابع از جنگل گرفته تا آب شیرین و کانسارها معدنی باعث شد که آثار مخرب بهره‌برداری غیر اصولی بر جوامع بشری اثرگذار شود. آهن یکی از فلزات مهم در گسترش و پویایی صنعتی اروپای قرن نوزدهم بوده است و امروزه نیز فلز آهن و صنایع معدنی وابسته به آن یکی از ارکان توسعه صنعتی و شاخص توسعه‌یافتگی کشورها به شمار می‌رود. کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست و در سال ۱۳۹۹ حدود ۳۲ میلیون تن محصولات فولادی تولید کرده است که این حجم تولید بدون تخریب اراضی میسر نبوده است. در حال حاضر دو موضوع مهم صنعت فولاد کشور، حفظ محیط‌زیست و مصرف بهینه انرژی است (۶۲) و کنترل و مدیریت باطله‌های معادن آهن نیز از دسته مسایل مهم محیط زیستی این صنعت به شمار می‌رود. باطله‌های معدنی مواد دفعی یا محصول جانبی غیراقتصادی تولید شده طی فرایند استخراج، فرآوری و سایر فعالیت‌های معدن می‌باشند که شامل مقادیر کمی مواد معدنی با ارزش مواد شیمیایی، آب و فلزات سنگین هستند (۶۱). در روند تولید محصولات معدنی مقدار زیادی سنگ، ضایعات و مواد دفعی تولید می‌شود که اگر به درستی دفع نشوند قادر خواهند بود خاک، هوا و آب را به طور جدی آلوده کرده و چالش‌های بهداشتی مهمی ایجاد کنند (۱۰) بنابراین، ترمیم و احیاء مناسب باطله‌های معدنی همواره مورد توجه مدیران محیط‌زیست و معادن بویژه در چند دهه اخیر بوده است. برآورد انجام شده برای سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد بیش از ۱۷۸۱ میلیون تن سنگ معدن آهن از معادن دنیا استخراج شده است (۶۵). با تولید هر تن آهن چیزی در حدود ۱/۵ تن باطله تولید می‌شود (۳۴)، این رقم برای آلومینیوم تقریباً دو تن باطله بوکسیت (۷) و برای مس تقریباً برابر با مقدار سنگ فرآوری شده است (۴۲). با در نظر گرفتن کل استخراج از معادن فلزی و غیر فلزی، طبق آمار، باطله تولیدی تقریباً ۹۷ تا ۹۹ درصد کل ماده اولیه را تشکیل می‌دهد (۲). بر اساس برآوردها در سال ۲۰۱۰ فعالیت‌های استخراج معادن منجر به تولید بیش از ۱۰ میلیارد تن باطله شده است (۲۹). با توجه به حجم بالا و گستردگی معادن، مدیریت این حجم از مواد دفعی امری اجتناب ناپذیر است تا از اثرات منفی آنها بر محیط‌زیست جلوگیری شود. روش متداول در دفع باطله‌های معدنی استفاده از سدهای باطله است (۳۲). باید توجه داشت که جمع‌آوری باطله در سدها نه تنها زمین وسیعی از جمله زمین‌های مرتعی، زراعی و جنگلی را اشغال می‌کند (۶۶)، بلکه باعث تغییر در چشم‌انداز می‌شود و منظره‌ای متفاوت از محیط اطراف و یا حتی ظاهری بسیار ناخوشایند در طبیعت ایجاد می‌کند (۳۵). بنابراین احیاء زیستی باطله‌ها جهت ترمیم چشم‌اندازها از جهت زیستی و بصری اهمیت دارد.

باطله‌های معدنی متروک به دلیل شرایط نامناسب و همراه داشتن طیف وسیعی از فلزات سنگین، موجب محدودیت رشد گیاهان می‌شوند (۳۳). باطله‌های ریز و درشت و یا باطله‌های مرطوب و خشک ممکن است تفکیک شده و یا به شکل مخلوط دفع شوند. موذن و همکاران (۲۰۱۴) پیامد عدم تفکیک باطله‌های تر را ایجاد توده‌ای لایه لایه بیان می‌کنند که مانع نفوذ ریشه گیاهان در توده باطله و حرکت مواد مغذی در باطله‌ها می‌باشد. در مناطق خشک ظرفیت پایین نگهداری آب و میزان تبخیر زیاد در باطله‌های دانه درشت از مهم‌ترین عوامل تنش‌زا برای احیاء پوشش گیاهی است (۴۵). در باطله‌هایی که ذرات ریزی دارند ظرفیت نگهداری آب بیشتر است، اما آب در این نوع از باطله‌ها به سختی نفوذ کرده و دسترسی ریشه گیاه به آب محدود است. طبیعتا استقرار گیاهان در چنین شرایطی اگر غیر ممکن نباشد به شدت با چالش مواجه است چرا که جوانه‌زنی و رشد گیاه در چنین وضعیتی با محدودیت‌های فراوانی همراه است. گزینه‌های مختلفی برای احیاء اراضی متروکه معدنی یا باطله‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به توالی خود به خود (Spontaneous Succession)، استفاده از میکوریز، هیدروسیدینگ (Hydro Seeding) و یا عملیات گیاه‌پالایی اشاره کرد. توجه به این نکته ضروری است که گیاهان منتخب برای گیاه‌پالایی و احیاء بیولوژیکی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

باطله‌های معدنی الزاما باید قابلیت استقرار بر روی باطله‌ها و تحمل شرایط نامساعد بستر کشت را داشته باشند (۳۶). برای مثال گونه وتیور (*Vetiveria zizanioides*) مقاومت بالایی در برابر خاک اسیدی، بایر و شرایط سخت باطله‌های معدنی دارد و قادر است ضمن استقرار در باطله‌های معدنی تا ۲۱۸ گرم در هکتار از کادمیوم موجود در بستر کشت را جذب کند (۵۵). برخی گیاهان نیز برای استقرار نیازمند ایجاد شرایط ویژه‌ای هستند، نتایج پژوهش فیلهو و همکاران (۲۰۱۱) نشان می‌دهد که استقرار گیاه خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) به تنهایی بر روی خاک معادن جمع‌آوری شده از معادن فلز روی چندان موفقیت‌آمیز نیست اما با استفاده از برخی اصلاح‌کننده‌های غیرآلی این گیاه می‌تواند تا ۴۰ درصد رشد بیشتری نسبت به وضعیت معمول گیاه داشته باشد، ضمن آنکه ظرفیت جذب فلزات سنگین این گیاه در این شرایط تا میزان ۷۰ درصد افزایش می‌یابد. بررسی عملکرد بذر و جوانه‌زنی گونه *Nama stenophylla* بر روی باطله‌های معدنی نشان می‌دهد که جنین این گونه از فلزات سنگین موجود در باطله‌ها تاثیری نمی‌پذیرد، اما جوانه‌زنی آن تحت غلظت‌های مختلف فلزات سنگین نظیر سرب، روی و کادمیوم قرا می‌گیرد و از سویی غلظت بالای روی و کادمیوم در باطله معدنی منجر به کاهش رشد و طول گیاه می‌شود (۶۴). تحقیق دلاچ و کیمر (۲۰۰۲) بر روی جوانه‌زنی و استقرار دو گونه ارزن (*Panicum virgatum*) و یونجه زرد (*Melilotus officinalis*) در بسترهای کشت آلی و همچنین باطله‌های معدن آهن نیویورک نشان می‌دهد که جوانه‌زنی این دو گونه بر روی باطله معدن آهن تحت تاثیر دما و نور آفتاب قرار می‌گیرد و عملا با گذشت ۱۳ هفته از زمان کاشت هیچ نونهالی بر روی باطله‌های معدن آهن باقی نمی‌ماند. این تحقیق بر وجود سایه‌اندازی و دمای پائین برای استقرار این دوگونه گیاهی روی بستر کشت باطله آهن تاکید دارد و کارایی خزه *Polytrichum piliferum* جهت سایه اندازی و ایجاد شرایط مناسب جوانه‌زنی اندک و ناکافی ارزیابی می‌کنند.

یکی از مهم‌ترین معادن در ایران که نقش مهمی در توسعه صنعت فولاد کشور بر عهده دارد معدن گل‌گهر سیرجان است که مطالعات اندکی در خصوص احیاء باطله‌های مختلف آن صورت گرفته است. طی فرایند استخراج آهن در این معدن مقادیر زیادی باطله خشک، تر و روباره معدنی (مخلوطی از سنگ‌های معدنی و خاک) توسط ادوات معدن‌کاوی در اطراف معدن بر جای می‌مانند. طبق آمار رسمی این شرکت تنها در سال ۱۳۹۹ در خطوط تولید کنستانتره، چیزی حدود ۲۸ میلیون تن سنگ آهن و بخشی از تولیدات مرجوعی فراوری شده‌اند که در نهایت منجر به تولید ۱۵ میلیون تن کنستانتره شده است (۲۴)، تفاوت دو رقم تولید کنستانتره و مقدار ماده ورودی به خطوط تولید به اشکال مختلف باطله‌های تر و خشک در حاشیه معدن دپو شده‌اند که منبع مهم آلاینده آب و هوای محدوده معدن گل‌گهر می‌باشند و تاکنون برنامه مدونی برای احیاء بیولوژیکی این باطله‌ها به انجام نرسیده است.

باطله‌های خشک معدن گل‌گهر سیرجان به علت نوع دانه‌بندی، دارای پتانسل بالایی در ایجاد گرد و غبار معدنی می‌باشند، و از طرفی به علت دارا بودن برخی فلزات سنگین نیازمند به مدیریت علمی در جهت کاهش آثار منفی می‌باشند. هدف از این مطالعه بررسی امکان استقرار گیاه خردل بیابانی بر روی باطله‌های خشک معدنی است و مقایسه آن با بستر کشت طبیعی این گیاه در منطقه معدنی گل‌گهر به منظور ایجاد پوشش گیاهی بر روی باطله‌های و تثبیت آن‌ها است.

مواد و روش‌ها

در ابتدا با مراجعه به دپوی باطله‌های خشک معدنی در منطقه گل‌گهر، نمونه‌برداری از باطله‌ها در حاشیه شرقی معدن نزدیک به کارخانه هماتیت انجام شد. نمونه‌برداری از خاک محل رویش و استقرار گونه خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) در فاصله ۲۵۰۰ متری محدوده معدن‌کاری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به عنوان بستر کشت طبیعی انجام شد. پس از تهیه بذر گونه خردل بیابانی و همچنین نمونه‌های باطله خشک و خاک رویشگاه گونه مورد مطالعه در سیرجان، نمونه‌ها به گلخانه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. جهت مقایسه فیزیکی باطله و خاک رویشگاه، تعداد پنج تکرار برای دانه‌بندی با روش الک خشک و تعداد ۱۰ نمونه برای اندازه‌گیری جرم حجمی حقیقی به کار گرفته شد. برای

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

تعیین ویژگی‌های شیمیایی مهم برای استقرار گیاه با استفاده از عصاره‌گیری یک به یک، میزان شوری و اسیدیته به تعداد ۱۰ تکرار برای هر دو بستر کشت تعیین شد. مقادیر کربن به روش والکی بلک، فسفر به روش السن، نیتروژن روش کجلدال و آهک به روش حجم سنجی CO_2 نیز به‌ترتیب پنج و شش تکرار برای تیمار باطله و خاک رویشگاه تعیین شد. بذرها تهیه شده قبل از کاشت از نظر جوانه‌زنی سنجش شدند. بدین منظور پس از جداسازی بذرها ناقص با شناورسازی بذرها پوک از مجموعه بذرها جدا شدند. بذرهای سالم پس از ضدعفونی در محلول بنومیل (یک در هزار) ضدعفونی شده و به تعداد ۱۰ عدد در پتری‌دیش قرار گرفتند. جهت تامین رطوبت در کف هر پتری‌دیش یک لایه کاغذ صافی قرار داده شد. با همین روش تعداد ۲۰ پتری‌دیش آماده و نهایتا کلیه پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور قرار داده شدند و در دمای ۱۸ سانتی‌گراد در سیکل ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی قرار گرفتند. پس از ۴۸ ساعت شمارش بذرها جوانه زده واجد ریشه‌چه و ساقه‌چه جهت اطمینان از قابلیت جوانه‌زنی انجام شد. در گام بعدی در گلخانه گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۰ سانتیمتر از خاک رویشگاه و باطله معدنی پر شدند. تعداد ۳۰ گلدان برای هر دو تیمار بستر کشت شامل خاک رویشگاه و باطله خشک معدنی تهیه شد و در هر گلدان نیز تعداد ۱۰ بذر سالم در عمق نیم سانتی‌متری کاشت شد. گلدان‌ها به طور تصادفی در اتاقک رشد قرار داده شدند و کلیه آنها به صورت روزانه تا پایان آزمایش با آب مقطر آبیاری شده و مورد سنجش و شمارش جوانه‌زنی قرار گرفتند. پس از متوقف شدن جوانه‌زنی و ثابت ماندن تعداد بذرهای جوانه‌زده کلیه گلدان‌ها با جریان آب آرام شسته شده و نونهال‌های هر گلدان جدا شدند. با شمارش نونهال‌های سبز شده در هر گلدان، با استفاده از رابطه (۱) ارائه شده توسط ریس و همکاران (۱۹۹۵) درصد نهایی جوانه‌زنی هر تیمار محاسبه شد.

رابطه (۱)

$$GP = \frac{N}{N_1} \times 100$$

در رابطه (۱)، N: تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز آخر آزمایش، N_1: تعداد کل بذرها، GP : درصد جوانه‌زنی بذرها

الیس و رابرت (۱۹۸۱)جهت برآورد میانگین زمان جوانه‌زنی نیز رابطه (۲) را به کار گرفته‌اند که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

رابطه (۲)

$$MGT = \frac{\sum(n*d)}{N}$$

در رابطه (۲)، n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز، d: تعداد روزها از آغاز آزمایش، N: تعداد کل بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش، MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی

مقدار ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG= Coefficient of Velocity of Germination) نیز بر اساس رابطه (۳) به‌دست آمد (۳۰).

رابطه (۳)

$$CVG = \frac{N_1+N_2+\cdots N_i*100}{N_1*T_1+N_2*T_2+\cdots.N_i*T_i}$$

در رابطه (۳)، N_i: تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز، T_i: تعداد روزهای از زمان کاشت مربوط به N

شاخص جوانه‌زنی (GI)[1] نیز بر اساس رابطه (۴) ارایه شده توسط انجمن ارزیابی بذر(۵۰) محاسبه شد.

رابطه (۴)

$$Gi = \sum \frac{N_i}{D_i}$$

در رابطه (۴)، N_i: تعدا بذر جوانه زده هر روز، D_i: روز شمارش جوانه‌زنی، GI: شاخص جوانه‌زنی

زمان رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد (T50) توسط کولبئر و همکاران (۱۹۸۴) ارائه شده است که این رابطه توسط فاروق و همکاران (۲۰۰۵) به شکل اصلاح شده در آمده است که محاسبه بر اساس آن انجام شد.

رابطه (۵)

$$T50 = \frac{[t_i + [(N/2 - n_i)(t_i - t_j)]}{n_i - n_j}$$

در رابطه (۵)، N: تعداد نهایی بذرهای جوانه‌زده، n_i و n_j: به ترتیب تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده شمارش شده در زمان‌های t_i و t_j زمانی که $n_i < N/2 < n_j$

میانگین درصد جوانه‌زنی روزانه[2] با استفاده از رابطه (۶) به‌دست آمد.

رابطه (۶)

1. Germination Index

2. Mean Daily Germination Percent

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

$$MGD = \frac{GP}{ND}$$

در رابطه (۶)، GP: درصد جوانه‌زنی نهایی، ND: تعداد روزهای آزمایش، MGD: میانگین درصد جوانه‌زنی روزانه

پیک جوانه‌زنی روزانه (Peak Value for Germination) نیز با استفاده از رابطه (۷) به‌دست آمد (۱۶).

رابطه (۷)

$$PV = Max\ \frac{Gk}{Tk}$$

در رابطه (۷)، Gk: درصد تجمعی در پیک جوانه‌زنی روزانه، Tk: زمان رسیدن به پیک درصد تجمعی جوانه‌زنی روزانه

ارزش جوانه‌زنی بذرها که به عنوان یک شاخص ترکیبی از سرعت و مقدار کل بذرها جوانه‌زده است از رابطه زیر (۸) محاسبه شد.

رابطه (۸)

$$GV=MDG \times PV$$

در رابطه (۸)، MDG: میانگین جوانه‌زنی روزانه، PV: ارزش پیک جوانه‌زنی روزانه

خصوصیات نونهال‌های سبز شده شامل اندازه ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از خط‌کش میلیمتری و اندازه وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد پس از ۴۸ ساعت با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم انجام شد. برای این‌کار به طور تصادفی از نونهال‌های موجود در هر تکرار یک نمونه گرفته شد. مجموعا برای هر تیمار تعداد ۳۰ نونهال انتخاب شد که طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، و وزن آنها محاسبه شد و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/H) نیز به‌دست آمد.

نهایتا شاخص بنیه گیاه‌چه نیز بر اساس رابطه (۹) ارائه شده توسط عبدالباقی و اندرسون (۱۹۷۳) محاسبه شد.

رابطه (۹)

$$SVI= =RL+SL\times GP$$

در رابطه (۹)، RL: طول ریشه‌چه، SL: طول ساقه‌چه، SVI: شاخص بنیه گیاه‌چه

در پایان کلیه داده‌های مربوط به پارامترهای فیزیکوشیمایی خاک رویشگاه و باطله همچنین داده‌های مربوط به پارامترهای جوانه‌زنی از نظر نرمال بودن با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون در نرم افزار SPSS 16 مورد بررسی قرار گرفتند. کلیه داده‌های نسبی برای انجام مقایسه میانگین با روش‌های معمول آماری نرمال شدند و در نهایت میانگین داده‌ها با روش تی مستقل مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک رویشگاه و باطله‌های معدنی در جدول (۱) ارایه شده است. بر این اساس هدایت الکتریکی و میانگین اسیدیته (pH) عصاره یک به یک بسترهای کشت خاک رویشگاه و باطله معدنی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارد. در پارامترهای فیزیکی مشتمل بر جرم حجمی حقیقی، میانگین قطر ذرات و شاخص فی (φ) تفاوت‌های معنی‌دار بین دو تیمار دیده می‌شود و مقدار به‌دست آمده منفی شاخص در خاک رویشگاه (۰/۸۸۲-)، بیانگر شکل ماسه‌ای بسیار درشت در این بستر کشت است، در حالی که باطله‌های معدنی از این نظر با مقدار (۱/۱۹۹) شکل ماسه متوسط نشان می‌دهد. تفاوت میانگین مقادیر کربن، نیتروژن کل، فسفر و آهک وضعیت در سطح یک درصد معنی‌دار است. نکته حایز اهمیت در خصوص سه پارامتر ذکر شده این است که باطله معدنی به غیر از فسفر، فاقد کربن، نیتروژن و آهک است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

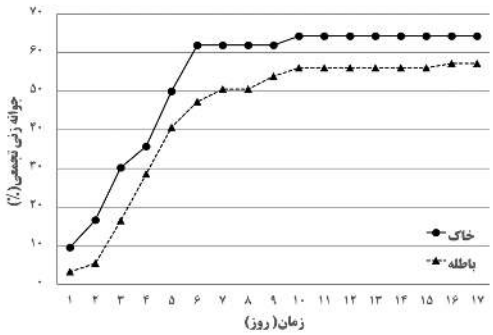
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

جدول ۱: مقایسه میانگین برخی پارامترهای فیزیکو شیمیایی بسترهای کشت مورد استفاده

	باطله معدنی	خاک رویشگاه	درجه آزادی	مقدار t
هدایت الکتریکی(dS/m)	۲/۱۰ ± ۰/۱۰	۱/۹۴ ± ۰/۰۵	۱۸	۴/۰۷ ns
اسیدیته(pH)	۷/۰۱ ± ۰/۱۰	۷/۲۰ ± ۰/۰۵	۱۸	۵/۶۲ ns
کربن(٪)	۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۰/۰۱۴ ± ۰/۵۶۰	۹	-۲/۸۵ **
فسفر(ppm)	۰/۱۴۰ ± ۰/۰۰۶	۴۵/۷ ± ۳/۶۷	۹	-۱۲/۴۴ **
نیتروژن کل(٪)	۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۶	۹	-۶/۲۷ **
آهک(درصد)	۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۱۶/۶۰ ± ۲/۶۱	۹	-۶/۳۵ **
جرم حجمی	۲/۵۴ ± ۰/۰۰	۲/۴۷ ± ۰/۰۱	۱۸	-۱/۵۴ **
میانگین قطر ذرات(µm)	۴۳۶ ± ۱/۳۰	۱۸۳۳ ± ۱/۸۰	۸	-۴۴۵/۶۰ **
شاخص φ	۱/۱۹۹ ± ۰/۰۰۴	-۰/۸۸۲ ± ۰/۰۰۳	۸	۳۶۷/۷۸ **

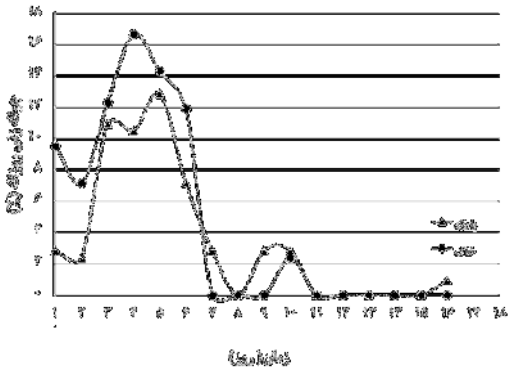
ns: عدم معنی‌داری **: معنی‌دار در سطح ۰۱/

بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمون اولیه جوانه‌زنی بذرها در پتری‌دیش تحت شرایط ژرمیناتور مقدار جوانه‌زنی توده بذر خردل بیابانی ۱/۹۴ ±۰۰/ ۹۸ درصد است که رقم قابل قبولی برای مرحله دوم آزمون و به کارگیری آن در بسترهای کشت مورد نظر بوده است. شکل (۱) نمودار درصد تجمعی جوانه‌زنی را در دو بستر کشت خاک رویشگاه و باطله‌ها نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار قابل مشاهده است، جوانه‌زنی در هر دو تیمار با آغاز آزمایش رخ داده است و هر دو تیمار روندی مشابه با یکدیگر را نشان می‌دهند و تنها در مقدار جوانه‌زنی تیمار بستر کشت باطله میزان کمتری نشان می‌دهد. اختلاف نهایی جوانه‌زنی در بستر کشت خاک رویشگاهی با مقدار سنجش اولیه جوانه‌زنی ۳۳/۷۲ درصد و برای جوانه‌زنی نهایی در بستر باطله ۴۱/۸۱ است.



شکل ۱: درصد جوانه‌زنی تجمعی در تیمارهای بستر کشت

شکل (۲) متوسط درصد جوانه‌زنی روزانه را نشان می‌دهد، همانطور که گفته شد آغاز جوانه‌زنی بذرها در دو تیمار همزمان بوده است اما اوج جوانه‌زنی برای بستر کشت خاک رویشگاه به میزان ۱۶/۶۶ درصد در روز چهارم و برای بستر باطله به میزان ۱۲/۸۵در روز پنجم رخ داده است. بنابراین علاوه بر زمان پیک جوانه‌زنی، مقدار آن در بستر کشت باطله کمتر است. اولین توقف جوانه‌زنی برای هر دو تیمار به‌ترتیب در روزهای هفتم و هشتم رخ داده است. در پیک دوم مقادیر جوانه‌زنی پیک‌ها در تیمار خاک رویشگاه و باطله به‌ترتیب ۲/۸۶ و ۲/۳۸ است که این مقادیر نزدیک به هستند، این در حالیست که فاصله زمانی دو تیمار در پیک دوم همانند پیک اول یک روز است.



شکل ۲: درصد جوانه‌زنی نهایی در تیمارهای بستر کشت

در جدول (۲) نتایج مربوط به پارامترهای جوانه‌زنی بذرها و تشکیل نونهال‌های گونه مورد نمایش داده شده است. بر اساس مقایسات آماری میانگین‌های جوانه‌زنی نهایی، ضریب سرعت جوانه‌زنی و میزان جوانه‌زنی روزانه در دو تیمار خاک رویشگاه و باطله معدنی تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. اما در خصوص میانگین جوانه‌زنی تفاوت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

در سطح پنج درصد قابل مشاهده است. ضمن آنکه در شاخص جوانه‌زنی، پیک جوانه‌زنی، و ارزش جوانه‌زنی و زمان رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد تفاوت میانگین‌ها بین دو تیمار در سطح یک درصدمعنی‌دار است. میانگین زمان جوانه‌زنی و زمان رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد در خاک رویشگاه کمتر است و در سایر پارامترها همچون شاخص جوانه‌زنی، پیک جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی مقادیر بالاتری را به خود اختصاص می‌دهد که بیانگر وضعیت مطلوب‌تر جوانه‌زنی است. اختلاف میانگین شاخص بنیه گیاهی در سطح پنج درصد و وزن گیاه‌چه و نسبت ریشه به ساقه در سطح یک درصد بین بستر کشت خاک رویشگاه و باطله معنی‌دار است و در دو شاخص بنیه گیاهی و وزن گیاه‌چه تیمار خاک رویشگاه بالاتر از تیمار باطله معدنی قرار می‌گیرد، در حالی که نسبت ریشه به ساقه در تیمار باطله بیش از خاک رویشگاه است.

جدول ۲: مقایسه میانگین پارامترهای بسترهای کشت مورد استفاده برای کاشت

	باطله معدنی	خاک رویشگاه	درجه آزادی	مقدار t
جوانه‌زنی نهایی(٪)	۵۶/۱۹ ± ۴/۸۴	۶۴/۲۸ ± ۲۰/۱۱	۵۸	-۱/۱۳ ns
میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	۴/۵۶ ± ۰/۲۵	۳/۹۱ ± ۰/۲۲	۵۸	۲/۲۱ *
ضریب سرعت جوانه‌زنی (٪)	۲۳/۹۰ ± ۱/۶۷	۲۸/۷۱ ± ۱/۹۹	۵۸	-۱/۸۴ ns
شاخص جوانه‌زنی (روز)	۱/۰۶ ± ۰/۹۹	۱/۶۱ ± ۰/۱۷	۵۸	-۲/۸۰ **
میانگین جوانه‌زنی روزانه (٪)	۳/۵۱ ± ۰/۳۰	۴/۰۱ ± ۰/۲۲	۵۸	-۱/۳۳ ns
زمان رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد (روز)	۳/۹۹ ± ۰/۲۳	۳/۲۹ ± ۰/۲۳	۵۸	۲/۱۱۴ *
پیک جوانه‌زنی (در روز)	۱۰/۵۲ ± ۰/۷۳	۱۸/۲۵ ± ۱/۳۹	۵۸	-۴/ **
ارزش جوانه‌زنی	۴۱/۹۶ ± ۷۰/۵	۷۷/۹۴ ± ۸/۸۱	۵۸	-۳/۴۲ **
شاخص بنیه گیاهی	۶۷۵ ± ۶۱	۸۵۱ ± ۵۵	۵۸	-۲/۱۲ *
وزن گیاه‌چه (گرم)	۰/۱۸۳ ± ۰/۰۰۷	۰/۲۲۲ ± ۰/۰۰۹	۵۸	-۳/۲۲ **
نسبت طول ریشه به ساقه	۱/۰۴۰ ± ۰/۳۹۰	۰/۸۷۱ ± ۰/۰۳۴	۵۸	۳/۲۵ **

ns: عدم معنی‌داری **: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ *: معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

جوانه‌زنی یک مساله مهم در مباحث احیاء اراضی و پوشش گیاهی است. حساس‌ترین مرحله زندگی گیاه مرحله جوانه‌زنی و سپس دوره گیاه‌چه‌ای می‌باشد و اگر گیاه بتواند این مراحل را با موفقیت سپری کند، شانس زنده مانی و استقرار آن زیاد است (۵). نتایج نشان داد که بین جوانه‌زنی نهایی بذرها خردل بیابانی در بسترهای خاک رویشگاه و باطله تفاوتی وجود ندارد، این نتیجه مقدماتی نشان می‌دهد که باطله از نظر فیزیکی ممانعتی برای جوانه‌زدن بذرها ایجاد نمی‌کند و بذرها در هر دو تیمار قادرند بالای ۵۰ درصد جوانی‌زنی داشته باشند. نتایج تحقیق بنونوتی (۲۰۰۳) بر روی گونه تاتوره (*Datura stramonium* L.) نشان می‌دهد که جوانه‌زنی این گونه در بستر کشت‌های رسی و دانه‌های کوارتز با بافت‌های مختلف، تفاوتی آشکار نشان می‌دهد اما در این تحقیق هر دو بستر کشت از نظر گروه بافتی شکل ماسه‌ای دارند، بسترهای رسی به علت فشردگی و عمق کشت می‌توانند توانایی بذر را تحلیل داده و هم بر مقدار جوانه‌زنی و هم سرعت ظهور نونهال‌ها تاثیر بگذارند. جوانه‌زنی در گیاه قره‌داغ (*Nitraria shoberi* L.) تحت تاثیر نوع بافت خاک قرار می‌گیرد و بافت شنی بستر مناسب‌تری برای جوانه‌زنی و رشد این گیاه بشمار می‌رود (۴۷). با توجه به جرم حجمی بالاتر باطله‌ها می‌توان علت تاخیر در پیک جوانه‌زنی را به وضعیت فیزیکی باطله‌ها مرتبط دانست، هر چند جوانه‌زنی بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است. بررسی و مقایسه درصد جوانه‌زنی نهایی به عنوان پارامتر اصلی جوانه‌زنی دارای اهمیت است، اما همانطور که نتایج نشان می‌دهد اگر چه بررسی این پارامتر از شروط اصلی برای تصمیم‌گیری جهت به کارگیری بذرها برای احیاء باطله‌های معدنی است اما این شرط به تنهایی کافی نیست. پارامترهایی چون ضریب سرعت جوانه‌زنی و میزان جوانه‌زنی روزانه نیز در دو تیمار مورد بررسی تفاوت آشکاری را نشان ندادند، چرا که در ابتدای جوانه‌زنی تقریبا همه اجزای لازم برای سنتز پروتئین در سلول‌های جنین بالغ وجود دارد (۹)، با ادامه فرایندهای

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

زیستی نیاز به انرژی و عناصر غذایی برای ایجاد یک نونهال ضروری است زیرا ترکیبات ضروری رشد در ذخیره بذر بسیار محدود می‌باشند. نتایج تحقیق ماسله و پاسیورا (۱۹۸۷) نشان می‌دهد میزان رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه و ظهور برگ در گندم (*Triticum Sativum* L.) پس از جوانه‌زنی متاثر از قابلیت تغذیه‌ای خاک و میزان دسترسی به آب است، موضوع ارتباط رشد نونهال‌های گونه‌های مختلف گیاهی و وضعیت تغذیه‌ای خاک مورد تایید پژوهشگران مختلف است (۳۱، ۴۱ و ۵۱). به همین دلیل مقایسه سایر پارامترهای جوانه‌زنی می‌تواند وضعیت کامل‌تری از جوانه‌زنی و کیفیت نونهال‌های هر بستر کشتی را منعکس کند. برای مثال میانگین زمان جوانه‌زنی و زمان رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد در خاک رویشگاه کمتر از باطله‌هاست و از سویی شاخص جوانه‌زنی، پیک جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی مقادیر بالاتری را به خود اختصاص می‌دهد. این موضوع بدین معنی‌است که وضعیت خاک رویشگاه برای جوانه‌زنی و رشد بذرها بهتر بوده که منجر به بروز اختلاف پارامترهای مذکور بین خاک رویشگاه و باطله شده‌است. باطله‌ها به دلیل نداشتن خصوصیات یک خاک فاقد فعالیت بیولوژیکی می‌باشند و از نظر گردش عناصر غذایی و همچنین مقادیر ترکیبات تغذیه کننده گیاه فقیر می‌باشند- (۶۳). توجه به سایر پارامترها که متاثر از میزان رشد هستند می‌تواند به استنتاج قابل قبول‌تری از محیط رویش منجر شود. شاخص بنیه گیاهی مربوط به گیاهچه‌های رشد یافته در بستر خاک رویشگاه به طور معنی‌داری بیش از باطله‌های معدنی است. در رابطه‌ی شاخص بنیه گیاه‌چه علاوه بر درصد جوانه‌زنی، رشد طولی گیاه‌چه به شکل مستقیم بر میزان شاخص تاثیر گذار هستند و در نتیجه ارزیابی آن بر استفاده از درصد جوانه‌زنی ارجحیت دارد. وزن خشک گیاه‌چه‌ها نیز مبنای مناسبی برای ارزیابی بستر کشت می- باشد چون در بستر کشت مطلوب‌تر به دلیل وجود عناصر تغذیه کننده گیاه معمولا بیوماس بیشتری تولید می‌کند (۳۱ و ۳۹) و این موضوع برای خاک رویشگاه خردل بیابانی در این تحقیق مصداق دارد. خصوصیات فیزیکو شیمیایی باطله‌ها تأثیر منفی در احیاء زیستی آنها دارد. به‌طور معمول، ذرات درشت در باطله ظرفیت بافری ضعیفی دارند و فاقد مواد آلی و مغذی هستند و به علت ظرفیت کم نگهداری آب، چندان برای گیاهان مطلوب نمی‌باشند (۴۹). این شرایط در باطله‌های معدن مسابی در مینه‌سوتای آمریکا نیز توسط شترون گزارش شده است (۶۰). البته وضعیتی مشابه برای سایر باطله‌های معدنی نیز متصور است. برای مثال پتانسیل رویش مجدد گیاهان در باطله‌های معدنی زغال سنگ به واسطه ظرفیت اندک نگهداری آب، اسیدیته پایین، میزان شوری بالای، فقر عناصر غذایی و فرسایش سطحی محدود است (۱۲ و ۵۹). رشد و نمو گیاه در نهایت به متغیرهای محیطی مانند دما، شدت نور و دسترسی به آب و مواد معدنی ضروری وابسته است. یکی از مکانیسم‌های سازگاری گیاهان در مواجه با کمبود منابع افزایش زی‌توده اندام‌هایی است که وظیفه جذب آن منبع خاص را بر عهده دارند (۳۷). هنگامی که عناصر معدنی در خاک کم باشد در اغلب گیاهان بخش بیشتری از زی‌توده به سیستم ریشه اختصاص می‌یابد (۲۶). این واکنش سازگاری در نتیجه تغییرات متابولیک در ساقه و تنظیم انتقال کربوهیدرات به ریشه است. نتایج تحقیق پیش رو نشان می‌دهد که در تیمار باطله نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بیش از تیمار خاک رویشگاه است که دلیل آن می‌تواند مربوط به کمبود عناصر تغذیه‌ای در باطله‌ها مورد آزمایش باشد که به رشد بیشتر ریشه‌چه نونهال‌های منجر شده است که یک واکنش طبیعی گیاه برای دسترسی به عناصر غذایی است. در نتایج به‌دست آمده از آنالیز شیمیایی باطله‌ها و خاک رویشگاه مشخص شد که بستر کشت باطله تقریبا عاری از کربن و نیتروژن است و مقدار فسفر آن نیز قابل توجه ناست. کمبود نیتروژن (۵۳ و ۵۷) و فسفر (۱۱ و ۵۶) منجر به تجمع کربوهیدرات در برگ‌ها و تخصیص بیشتر کربن به ریشه و افزایش نسبت ریشه به ساقه می‌شود. کمبود نیتروژن و فسفر تا حد زیادی بر فتوسنتز اولیه، متابولیسم قند و تقسیم کربوهیدرات بین اجزا گیاه تأثیر می‌گذارد. شارما و همکاران (۲۰۲۰) اختلال در فتوسنتز در اثر تنش‌های محیطی غیرزیستی را عامل مستقیم موثر بر مقدار زی‌توده گیاهی معرفی می‌کنند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که هم بنیه گیاهی و هم زی‌توده گیاه‌چه نونهال‌های تیمار خاک رویشگاه بالاتر از بستر کشت باطله است. این موضوع به شرایط تغذیه‌ای خاک رویشگاه مرتبط است و کمبود برخی عناصر از جمله ازت و فسفر در باطله بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی نونهال‌ها اثر گذاشته و به

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

شکل تنش بر گیاه اثر کرده و گیاه عملکرد کمتری در زی‌توده نشان می‌دهد. میرانصاری (۲۰۱۰) بیان می‌کند که برخی استرس‌ها از جمله فلزات سنگین نیز می‌توانند بر رشد گیاه اثر بگذارند و اساسا در باطله‌های معدنی آهن که فلزات سنگین به میزان قابل توجهی وجود دارند رشد گیاه محدود خواهد شد. به طور کلی نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) مواد مغذی ضروری در خاک برای حفظ رشد گیاهان هستند (۴۳). تقریباً انواع باطله‌ها کمبود نیتروژن دارند و بسیاری از آنها فاقد فسفر هستند. به علاوه برخی از عناصر کمیاب مورد نیاز برای رشد گیاهان در باطله‌ها کافی و به حد نیاز رشد گیاهان نیست (۳۳). علیزاده و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی معادن مس سونگون نشان دادند که اجتماعات گیاهی مراتع اطراف پیت معدن و مرتع مجاور دامپ باطله، در امتداد محور عناصر غذایی خاک شکل گرفته‌اند و میزان دسترسی به مواد غذایی خاک عامل تعیین کننده استقرار نوع گیاهان است. علاوه بر عناصر مهم تغذیه‌ای، در روند بازیابی پوشش گیاهی در معادن، ترکیبات حاوی کلسیم نیز نقش بسیار مهمی در احیاء و استقرار گیاهان ایفای نقش می‌کنند (۱۵)، چرا که علاوه بر تأمین کلسیم برای رشد گیاه، به خنثی‌سازی اسیدیته و افزایش pH کمک می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد باطله‌های معدنی آهن در گل‌گهر فاقد آهک می‌باشند. البته وجود آهک به مقدار متوسط ۱۶ درصد در خاک رویشگاه خردل بیابانی با توجه به اقلیم خشک منطقه گل‌گهر نشان از رسوب ثانویه این ترکیب دارد (۴۴). برای احیاء باطله‌ها اضافه کردن موادی نظیر سنگ آهک به عنوان اصلاح‌کننده ضروری است، چرا که وجود کلسیم در باطله‌ها علاوه بر متعادل کردن می‌تواند به طور غیرمستقیم بر محتوای فلزات سنگین در خاک نیز اثر داشته باشد. کربنات کلسیم جزء کانی‌های محیط خاک است که قادر است با جذب شیمیائی بعضی از عناصر سنگین یک مکانیسم جذب و نگهداری فلز را فراهم آورده و سبب کاهش فعالیت شکل محلول این عناصر گردد (۶). آنتونویچ و همکاران (۱۹۷۱) نیز نشان دادند که pH خاک و محتوای کلسیم خاک، از غلظت فلزات سنگین اهمیت بیشتری دارند. ناوارو و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی گزارش کردند که علیرغم وجود فلزات سنگین در باطله‌های معدنی، وجود کربنات کلسیم در خاک اراضی حاشیه معدن باعث تثبیت فلزات سنگین در خاک شده است. پژوهش ابرهیمی (۲۰۱۴) برجوانه‌زنی و پارامترهای رشد گیاه گندمی *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv نشان داده است که این گونه قابلیت تحمل سرب را در حضور اسیدهای کربوکلسیک دارد، اما با افزایش پتانسیل جذب سرب در این گونه، تأثیرات بازدارنده این مواد بر رشد گیاه غیر قابل اجتناب است. البته از منظر اقتصادی و محیطزیستی به کارگیری آهک بر استفاده از اسید کربوکلسیک و سایر روش‌های شیمیایی در اصلاح باطله ها ارجحیت دارد. دانه‌بندی ریز، باطله‌های خشک معدن آهن را مستعد تولید گرد و غبار می‌سازد (۴۷). با توجه به جابجایی ذرات باطله‌های معدنی خشک و کمبود عناصر غذایی مهم در آن‌ها چنین به نظر می‌رسد که احیاء و اصلاح بیولوژیکی باطله‌های معدنی با روش توالی اکولوژیکی زمان زیادی را بطلبد تا جایی‌که احیای طبیعی باطله‌ها حتی ممکن است که صدها سال زمان ببرد (۶۱). از این‌رو جهت استقرار پوشش گیاهی باید باطله‌ها از نظر تغذیه‌ای تقویت شوند. برای مثال افزودن کود می‌تواند رشد گیاهان بومی و یا گیاهان توصیه شده برای احیاء باطله‌ها تا حد زیادی بهبود ببخشد (۱۳). کودهای دامی و بهسازهای آلی مختلف از جمله بیوچار و یا اسید هیومیک از یک طرف با افزایش دسترسی به عناصر غذایی در خاک و از طرف دیگر با بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مانند افزایش تبادل کاتیونی و جمعیت میکروبی به بهبود حاصلخیزی بستر کشت و رشد گیاه کمک می‌کنند (۱۷). ترکیبات آلی به عنوان منبع سهل الوصول کربن در صورت قرارگیری در خاک، سبب تحریک و افزایش فعالیت میکروبی شده و تا حدودی، معدنی شدن کربن و نیتروژن را افزایش می‌دهند (۲۲). مطالعات نشان داده است بازیابی تنوع زیستی در معادن، بدون وجود یک لایه خاک سطحی چندان موفق نخواهد بود (۲۸ و ۵۲)، بنابراین، ترمیم اکولویکی باطله‌های معدنی بدون به کارگیری خاک غیرآلوده و فعال از نظر بیولوژیکی و در کوتاه مدت قابل دسترس نخواهد بود. خاک سطحی به عنوان بانک بذر گونه‌های، یک منبع مهم و مطمئن جهت تامین بذرها گیاهان برای احیای مجدد پوشش گیاهی است. حتی با شیوه‌های مصنوعی و پراکنده کردن خاک محلی بر روی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

باطله‌ها، بانک بذر سطحی خاک قادر است تا ۶۰ درصد از گونه‌هایی که قابلیت ترمیم و احیاء اراضی معدنی را دارند تامین کند و با گذشت زمان کوتاه چندساله با استفاده از خاک محلی تا ۷۰ درصد پوشش طبیعی بر روی باطله‌ها قابلیت بازیابی خواهد داشت (۲۷). خاک محلی علاوه بر تأمین بانک بذر، شرایط قابل قبولی برای گیاه‌پالایی دارد و با توجه به ساختار مساعد خاک، مواد غذایی مناسب و ظرفیت نگهداری مطلوب آب، این اطمینان وجود دارد تا سیکل زندگی میکروارگانیزم‌ها تکمیل شود و تجمع میکروارگانیزم‌ها در باطله را تسهیل کند. شرتون (۱۹۸۳) گزارش کرده است که وقتی دمای هوا ۳۵ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد باشد، دما در عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متر باطله‌ها می‌تواند تا تقریباً ۶۵ درجه سانتی‌گراد بالا برود که این دما شرایط جوانه‌زنی را محدود می‌سازد. بنابراین استفاده از خاک محلی و روباره‌های معدنی به عنوان پوشش روی باطله‌ها می‌تواند علاوه بر تامین بذر، در مهار دما و ایجاد شرایط مناسب جوانه‌زنی دخیل باشد. در نهایت پیشنهاد می‌شود که برای احیاء باطله‌های خشک معدن آهن، تقویت عناصر تغذیه‌ای در نظر گرفته شود و همچنین به کارگیری خاک محلی به عنوان پوشش نیز به عنوان راهکاری ارزان قیمت باید مورد توجه بخش HSE قرار گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب قرارداد شماره ۹۷/۳۵۱۱ دانشگاه تهران و با حمایت مالی شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر سیرجان به انجام رسیده است. از مدیران مجموعه گل‌گهر بویژه آقای مهندس امیر حاجی‌زاده مدیریت محترم تحقیق و فناوری آن شرکت و همچنین مساعدت‌های علمی آقای دکتر حسام احمدی‌بیرگانی و دکتر جواد پوررضایی تشکر و قدرانی می‌شود.

References

1. Abdul-Baki, A. A. & J. D. Anderson, 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. Crop Science, 13(6): 630-633.
2. Adiansyah, J.S., M. Rosano, S. Vink & G. Keir, 2015. A framework for a sustainable approach to mine tailings management: disposal strategies. Journal of cleaner production, 108: 1050-1062.
3. Alizadeh, A., J. Ghorbani, J. Motamedi, G. Vahabzade, A. Vandarent & M. Edraki, 2018. Distribution of plant communities in the area of Sungun copper mine, Varzeqan, East Azerbaijan. Journal of Rangeland, 13(4): 658-672. (In Persian)
4. Antonovics, J., A. D. Bradshaw & R. G. Turner, 1971. Heavy metal tolerance in plants. Advances in ecological research, 7: 1-85.
5. Askarian, M., 2004. Investigation of the effect of salinity and drought on germination and seedling establishment of two rangeland species *Elymus junceus* and *Kochia prostrate*. Pazhohesh va Sazandegi, 2(64): 71-77. (In Persian)
6. Bahmanyar, M. A., 2007. The role of lime and organic matter in the accumulation of heavy elements in soil and plants in lands affected by industrial wastewater. 10th Soil Science Congress of Iran, Karaj.
7. Bayliss, C., M. Bertram, K. Buxmann, B.D. Gelas, S. Jones & L. Wu, 2012. Global Primary Aluminium Industry 2010 Life Cycle Inventory. In Energy Technology 2012: Carbon Dioxide Management and Other Technologies. John Wiley & Sons.
8. Benvenuti, S., 2003. Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. Agronomy Journal, 95(1): 191-198.
9. Bewley, J. D., 1997. Seed germination and dormancy. The Plant Cell, 9(7): 1055.
10. Bhattacharya, A., J. Routh, G. Jacks, P. Bhattacharya & M. Mörth, 2006. Environmental assessment of abandoned mine tailings in Adak, Västerbotten district (northern Sweden). Applied Geochemistry, 21(10): 1760-1780.
11. Cakmak, I., C. Hengeler & H. Marschner, 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. Journal of Experimental Botany, 45(9): 1245-1250.
12. Chen, L., Y. Tian, R. Stehouwer, D. Kost, X. Guo, J. M. Bigham & W. A. Dick, 2013. Surface coalmine land reclamation using a dry flue gas desulfurization product: Long-term biological response. Fuel, 105: 258-265.
13. Ciarkowska, K., E. Hanus-Fajerska, F. Gambuś, E. Muszyńska & T. Czech, 2017. Phytostabilization of Zn-Pb ore flotation tailings with *Dianthus carthusianorum* and *Biscutella laevigata* after amending with mineral fertilizers or sewage sludge. Journal of Environmental Management, 189: 75-83.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

14. Coolbear, P., A. Francis & D. Grierson, 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. Journal of Experimental Botany, 35(11): 1609-1617.
15. Courtney, R. & L. Kirwan, 2012. Gypsum amendment of alkaline bauxite residue–plant available Aluminium and implications for grassland restoration. Ecological Engineering, 42: 279-282.
16. Czabator, F.J., 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest science, 8(4): 386-396.
17. Dahlawi, S., A. Naeem, Z. Rengel & R. Naidu, 2018. Biochar application for the remediation of salt-affected soils: Challenges and opportunities. Science of the Total Environment, 625: 320-335.
18. Delach, A. & R.W. Kimmerer, 2002. The effect of *Polytrichum piliferum* on seed germination and establishment on iron mine tailings in New York. Bryologist, 1: 249-255.
19. Ebrahimi, M., 2014. The effect of amino polycarboxylic acids on seed germination, seedling emergence, and phytoremediation ability of *Echinochloa crus galli* (L.) Believe in lead-contaminated soils. Journal of Rangeland, 7(4): 262-271. (In Persian)
20. Ellis, R. H. & E. H. Roberts, 1981. An investigation into the possible effects of ripeness and repeated threshing on barley seed longevity under six different storage environments. Annals of Botany, 48(1): 93-96.
21. Farooq, M., S. Basra, N. Ahmad & K. Hafeez, 2005. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tools in rice. Journal of Integrative Plant Biology, 47(2): 187-193.
22. Fellet, G., L. Marchiol, G. Delle Vedove & A. Peressotti, 2011. Application of biochar on mine tailings: effects and perspectives for land reclamation. Chemosphere, 83(9): 1262-1267.
23. Filho, M. R. R., Siqueira, J. O., Vangronsveld, J., C. R. F. S. Soares & N. Curi, 2011. Inorganic materials as ameliorants for soil remediation of metal toxicity to wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). International journal of phytoremediation, 13(5): 498-512.
24. Gol Gohar Mining and Industrial Company, 2020. Statistical Performance Report for the year 2020.
25. Goudie, A. S. 2018. Human impact on the natural environment. John Wiley & Sons.
26. Hermans, C., J. P. Hammond, P. J. White & N. Verbruggen, 2006. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? Trends in Plant Science, 11(12): 610-617.
27. Holmes, P. M. & D. M. Richardson, 1999. Protocols for restoration based on recruitment dynamics, community structure, and ecosystem function: perspectives from South African fynbos. Restoration Ecology, 7(3): 215-230.
28. Holmes, P.M., 2001. Shrubland restoration following woody alien invasion and mining: effects of topsoil depth, seed source, and fertilizer addition. Restoration Ecology, 9(1): 71-84.
29. Jones, H. D.V. & Boger, 2012. Sustainability and waste management in the resource industries. Industrial & engineering chemistry research, 51(30): 10057-10065.
30. Jones, K.W. & D.C. Sanders, 1987. The influence of soaking pepper seed in water or potassium salt solutions on germination at three temperatures. Journal of Seed Technology, 11(1): 97-102.
31. Kirkegaard, J.A., H.B. So & R.J. Troedson, 1992. The effect of soil strength on the growth of *Pigeonpea radicles* and seedlings. Plant and Soil, 140(1): 65-74.
32. Kossoff, D., W. E. Dubbin, M. Alfredsson, S. J. Edwards, M. G. Macklin & K. A. Hudson-Edwards, 2014. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. Applied Geochemistry, 51: 229-245.
33. Lashkari Sanami, N. J. Ghorbani, S. M. Hojati, G. Vahabzadeh & B. Moteshare Zadeh, 2000. Seed germination characteristics of plants grown in Coal mines under stress of copper, lead and cadmium metals. Journal of Environmental Sciences, 1379(1): 14-22. (In Persian).
34. Liu, Y., F. Du, L. Yuan, H. Zeng & S. Kong, 2010. Production of lightweight ceramisite from iron ore tailings and its performance investigation in a biological aerated filter (BAF) reactor. Journal of hazardous materials, 178(1-3): 999-1006.
35. Lottermoser, B.G. & P.M. Ashley, 2011. Trace element uptake by *Eleocharis equisetina* (spike rush) in an abandoned acid mine tailings pond, northeastern Australia: Implications for land and water reclamation in tropical regions. Environmental Pollution, 159(10): 3028-3035.
36. Marques, A.P., A.O. Rangel & P.M. Castro, 2009. Remediation of heavy metal contaminated soils: phytoremediation as a potentially promising clean-up technology. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39(8): 622-654.
37. Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants (2nd ed), Academic Press
38. Masle, J. & J. B. Passioura, 1987. The effect of soil strength on the growth of young wheat plants. Functional Plant Biology, 14(6): 643-656.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

39. Milleret, R., R.C. Le Bayon & J.M. Gobat, 2009. Root, mycorrhiza and earthworm interactions: their effects on soil structuring processes, plant and soil nutrient concentration and plant biomass. Plant and Soil, 316(1): 1-12.
40. Miransari, M., 2010. Contribution of Arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stress. Plant Biology, 12(4): 563-569.
41. Misra, R.K. & A.K. Gibbons, 1996. Growth and morphology of eucalypt seedling-roots, in relation to soil strength arising from compaction. Plant and soil, 182(1): 1-11.
42. MMSD, 2002. Mining for the Future Appendix A: Large Volume Waste. 31:1-55.
43. Moghaddam, M. R., 1997. Range and Rangeland. University of Tehran Press. (In Persian).
44. Monemi, N., A. Rashtyan, A.A. Karimian & H. Azimzadeh, 2017. Effect of Bauxite Mine on Structural Parameters of Rangeland Vegetation (Case Study: Sadrabad Nodoshan Rangeland, Yazd). Journal of Rangelands, 11(1): 116-124. (In Persian).
45. Mouazen, A.M., S.A. Alhwaimel, B. Kuang & T. Waine, 2014. Multiple on-line soil sensors and data fusion approach for delineation of water holding capacity zones for site-specific irrigation. Soil and Tillage Research, 143: 95-105.
46. Naseri, H. R. & H. Ahmadi Biragani, 2019. Investigation of germination rate and yield of *Nitraria schoberi* in different soil textures. 16th Iranian Soil Science Congress, Zanjan. (In Persian).
47. Naseri, H.R., M.R. Ahmadi Kohbanani, E. Azizabadi Farahani, J. Shahbodaghi, A. Yazdanpanah Shahabadi, 2021. Similarity analysis of vegetation in different tailings of Iron Mine and Un-mined site in Gol- Gohar Region. The 1st International and the 8th National Conference on Rangeland Management in Iran.
48. Navarro, M. C., C. Pérez-Sirvent, M.J. Martínez-Sánchez, J. Vidal, P.J. Tovar & J. Bech, 2008. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: a case study in a semi-arid zone. Journal of Geochemical Exploration, 96(2-3): 183-193.
49. Norland, M. R. & D. L. Veith, 1995. Revegetation of coarse taconite iron ore tailing using municipal solid waste compost. Journal of Hazardous Materials, 41(2-3): 123-134.
50. OSA & SCST., 1993. Rules for testing seeds. Journal of Seed Technology, 16: 1–113.
51. Pabin, J., J. Lipiec, S. Włodek, A. Biskupski & A. Kaus, 1998. Critical soil bulk density and strength for pea seedling root growth as related to other soil factors. Soil and Tillage Research, 46(3-4): 203-208.
52. Putwain, P.D. & D.A. Gillham, 1990. The significance of the dormant viable seed bank in the restoration of heathlands. Biological Conservation, 52(1): 1-16.
53. Remans, T., P. Nacry, M. Pervent, T. Girin, P. Tillard, M. Lepetit & A. Gojon, 2006. A central role for the nitrate transporter NRT2. 1 in the integrated morphological and physiological responses of the root system to nitrogen limitation in Arabidopsis. Plant Physiology, 140(3): 909-921.
54. Riis, P., E. Meiling & J. Peetz, 1995. Determination of germination percentage and germination index—collaborative trial and ruggedness testing. Journal of the Institute of Brewing, 101(3): 171-173.
55. Rotkittikhun, P., R. Chaiyarat, M. Kruatrachue, P. Pokethitiyook & A. J.M. Baker, 2007. Growth and lead accumulation by the grasses *Vetiveria zizanioides* and *Thysanolaena maxima* in lead-contaminated soil amended with pig manure and fertilizer: a glasshouse study. Chemosphere, 66(1): 45-53.
56. Sánchez-Calderón, L., J. López-Bucio, A. Chacón-López, A. Gutiérrez-Ortega, E. Hernández-Abreu & L. Herrera-Estrella, 2006. Characterization of low phosphorus insensitive mutants reveals a crosstalk between low phosphorus-induced determinate root development and the activation of genes involved in the adaptation of Arabidopsis to phosphorus deficiency. Plant Physiology, 140(3): 879-889.
57. Scheible, W. R., R. Morcuende, T. Czechowski, C. Fritz, D. Osuna, N. Palacios-Rojas & M. Stitt, 2004. Genome-wide reprogramming of primary and secondary metabolism, protein synthesis, cellular growth processes, and the regulatory infrastructure of Arabidopsis in response to nitrogen. Plant Physiology, 136(1): 2483-2499.
58. Sharma, A., V. Kumar, B. Shahzad, M. Ramakrishnan, G.P. Singh Sidhu, A.S. Bali & B. Zheng, 2020. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. Journal of Plant Growth Regulation, 39(2): 509-531.
59. Sheoran, V., A.S. Sheoran & P. Poonia, 2010. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: a review. International Journal of Soil, Sediment and Water, 3(2): 13.
60. Shetron, S. G., 1983. Alfalfa, *Medicago sativa* L., establishment in mine mill tailings: I. Plant analysis of alfalfa grown on iron and copper tailings. Plant and Soil, 73(2): 227-237.
61. Sun, W., B. Ji, S. A. Khoso, H. Tang, R. Liu, L. Wang & Y. Hu, 2018. An extensive review on restoration technologies for mining tailings. Environmental Science and Pollution Research, 25(34): 33911-33925.
62. Velazadeh, M., 2010. The importance and role of steel industries in the development of the country, Isfahan Steel Symposium. (In Persian).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]

63. Yan, D., F. Zhao & O. J. Sun, 2013. Assessment of vegetation establishment on tailings dam at an iron ore-mining site of suburban Beijing, China, 7 years after reclamation with contrasting site treatment methods. Environmental Management, 52(3): 748-757.
64. Yáñez-Espinosa, L., Briones-Gallardo, R., J. Flores, & E. Álvarez del Castillo, 2020. Effect of heavy metals on seed germination and seedling development of *Nama aff. stenophylla* collected on the slope of a mine tailing dump. International Journal of Phytoremediation, 22(14): 1448-1461.
65. Yellishetty, M., P.G. Ranjith & A. Tharumarajah, 2010. Iron ore and steel production trends and material flows in the world: Is this sustainable? Resources, conservation and recycling, 54(12): 1084-1094.
66. Yin, G., G. Li, Z. Wei, L. Wan, G. Shu, & X. Jing, 2011. Stability analysis of a copper tailings dam via laboratory model tests: A Chinese case study. Minerals Engineering, 24(2): 122-130.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.11.3]