Gonbad Kavous University
Journal of Plant
Ecosystem Conservation
Volume 14, Issu 28
http://pec.gonbad.ac.ir

Spatial Effect of Allelopathy of Wild Almond (*Amygdalus scoparia*) on Seed Bank Germination Characteristics in Arid and Semi-Arid Ecosystems

Enayatallah Yazdanpanah*[1]

[1]Assistant Professor, Department of Biology, Payame Noor university (PNU), P.O.Box 19395-4697, Tehran, Iran

Received: 2015/12/21; Accepted: 2026/01/20

Abstract

Studying the effects of allelopathic plants on seed-bank performance is critical to the success of rangeland restoration projects. The present study investigated the effect of a distance gradient from *Amygdalus scoparia* Spach individuals on the germination characteristics of grass and forb seeds in the rangelands of Tiran in 2024. Soil samples were collected at distances of 0, 1, 2, and 3 m from *A. scoparia* individuals, as well as from a control area. Following seed extraction and identification, germination tests were conducted under greenhouse conditions, and germination and seedling-emergence indices were calculated. Germination indices, particularly mean germination time (MGT), seedling emergence (SE), and seedling vigor (SV), were lowest in the understory and improved significantly with increasing distance from the trees ($p < 0.01$). Forbs exhibited greater ecological sensitivity to the distance gradient. Their germination time decreased approximately twofold relative to that of grasses, and their germination indices showed stronger correlations with certain soil properties, including N, P, and EC ($r \geq 0.4$, $p < 0.01$). In grasses, only SE and SV exhibited similarly significant correlations, indicating greater resistance of grasses to changes in soil conditions during the early stages of germination. The findings clearly demonstrate that allelopathic *A. scoparia*, by creating an environmental gradient and altering soil conditions, affects the seed bank and acts as a strong ecological filter, particularly for forb species. The results highlight the need to consider allelopathic effects when selecting species and determining planting distances during the implementation of biological rangeland restoration projects.

Keywords: Rangeland restoration, understory, plant life forms, Seed germination indices

*Corresponding author: E.yazdanpanah@pnu.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره چهاردهم، شماره بیست و هشتم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

اثر مکانی دگرآسیبی بادام کوهی بر خصوصیات جوانه‌زنی بانک بذر در بوم‌سازگان‌های خشک و نیمه‌خشک

عنایت اله یزدان پناه [1*]

[1] استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور صندوق پستی۴۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران ، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰

چکیده

مطالعه اثرات گیاهان آللوپاتیک بر عملکرد بانک بذر کلید موفقیت پروژه‌های احیای مراتع است. پژوهش حاضر به بررسی اثر گرادیان فاصله از پایه‌های بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach) بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور گندمیان و پهن‌برگ‌ها در مراتع تیران در سال ۱۴۰۳ پرداخت. نمونه خاک از فواصل ۰، ۱، ۲ و ۳ متری از پایه‌های بادام و نیز از یک منطقه شاهد برداشت شد. پس از استخراج و شناسایی بذرها، آزمون جوانه‌زنی در شرایط گلخانه‌ای انجام و شاخص‌های جوانه‌زنی و ظهور نهال محاسبه گردید. شاخص‌های جوانه‌زنی به ویژه میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)، شاخص ظهور (SE) و بنیه گیاهچه (SV) در زیرآشکوب کمترین مقدار و با دور شدن از پایه درخت به طور معناداری بهبود یافتند ($p \leq$ ۰/۰۱). پهن‌برگ‌هاحساسیت اکولوژیکی بیشتری به گرادیان فاصله نشان دادند. زمان جوانه‌زنی آن‌ها تقریباً دو برابر گندمیان کاهش یافت و شاخص‌های آن‌ها همبستگی قوی‌تری با برخی از خصوصیات خاک از قبیل نیتروژن، فسفر و هدایت الکتریکی داشتند ($r \geq$ ۰/۴ ،$p<$۰/۰۱). برخلاف پهن‌برگ‌ها، در گندمیان تنها شاخص‌های مرتبط با استقرار نهال (SE و SV) چنین همبستگی معناداری داشتند. این امر نشان‌دهنده مقاومت بیشتر گندمیان در مراحل اولیه جوانه‌زنی نسبت به تغییرات خاک است. یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهند که گونه آللوپاتیک بادام از طریق ایجاد یک گرادیان محیطی و تغییر در خاک، بر بانک بذر تأثیرگذاشته و به عنوان یک فیلتر اکولوژیک قوی، به ویژه برای گونه‌های علفی پهن‌برگ عمل می‌کند. نتایج این مطالعه لزوم توجه به اثرات آللوپاتی در انتخاب گونه و تعیین فاصله کشت حین اجرای طرح‌های احیای بیولوژیک مراتع را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: **احیای مراتع، زیرآشکوب، فرم‌های زیستی، شاخص‌های جوانه‌زنی بذر**

مقدمه

اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که بیش از ۴۰ درصد از سطح خشکی‌های کره زمین را پوشش می‌دهند، از حیاتی‌ترین و درعین‌حال آسیب‌پذیرترین زیست‌بوم‌ها در برابر تغییرات جهانی به شمار می‌روند (Berdugo et al., 2020). پوشش گیاهی این مناطق، به‌عنوان بستر اصلی ارائه خدمات اکوسیستمی کلیدی از جمله تثبیت خاک، تنظیم چرخه آب، ذخیره کربن و حمایت از تنوع زیستی، نقشی تعیین‌کننده در پایداری سرزمین و معیشت ساکنان آن ایفا می‌کند (Delgado-Baquerizo et al., 2020; Huang et al., 2021) . با این حال، این اکوسیستم‌ها به دلیل محدودیت‌های شدید منابع آبی و نوسانات اقلیمی بالا، از ظرفیت احیای طبیعی پایینی برخوردارند و تخریب پوشش گیاهی در آن‌ها می‌تواند به سرعت به فرآیندهای غیرقابل‌بازگشت بیابان‌زایی منجر شود (IPBES, 2019). در این چارچوب، درک مکانیسم‌های درون‌زادی که ساختار و پویایی جوامع گیاهی را در این مناطق کنترل می‌کنند، به یک پیش‌نیاز اساسی برای تدوین راهبردهای مدیریتی پایدار و مؤثر احیا تبدیل شده است.

در میان این مکانیسم‌ها، بانک بذر خاک به‌عنوان ذخیره‌گاه نهفته تنوع گیاهی، نقش محوری در احیا، مقاومت و انعطاف‌پذیری اکوسیستم پس از اختلالات ایفا می‌کند (Baskin & Baskin, 2021; Saatkamp et al., 2019). بانک بذر خاک نه تنها پتانسیل احیای آینده جامعه

*نویسنده مسئول: E.yazdanpanah@pnu.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

گیاهی را تعیین می‌کند، بلکه به عنوان یک "حافظه اکولوژیک" عمل کرده و در بلندمدت، ترکیب گونه‌ای و پاسخ جامعه به تغییرات محیطی را شکل می‌دهد (Erfanzadeh et al., 2020).ساختار و پویایی این بانک پیچیده، تابعی از تعاملات میان عوامل محیطی (غیرزنده) و بیولوژیکی (زنده) است. در میان عوامل بیولوژیکی، کنش‌های متقابل گیاه-گیاه به ویژه از طریق پدیده آللوپاتی، به عنوان یک نیروی سازمان‌دهنده قدرتمند، اما غالباً نادیده گرفته‌شده در اکوسیستم‌های خشک مطرح گردیده است (Zhang et al., 2021; Kostina-Bednarz et al., 2023). آللوپاتی عبارت است از تولید و رهاسازی متابولیت‌های ثانویه توسط یک گیاه (گیاه دهنده) که می‌تواند بر جوانه‌زنی، استقرار، رشد یا فیزیولوژی گیاهان مجاور (گیاه گیرنده) اثر مستقیم یا غیرمستقیم بگذارد. در محیط‌های پرفشار و با منابع محدود مانند مناطق خشک، مزیت رقابتی ناشی از این تداخلات شیمیایی می‌تواند به شدت افزایش یابد (Patanè et al., 2023; Kong et al., 2024).

گونه‌های درختی و درختچه‌ای غالب، مانند بسیاری از گونه‌های جنس بادام، به عنوان عناصر زیستی و کلیدی اکوسیستم عمل کرده و از طریق ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی در زیر تاج پوشش خود، جزایر حاصلخیزی به وجود می‌آورند که می‌تواند هم‌زیستی یا رقابت برای گونه‌های زیرآشکوب را تعدیل کند (ساغری و همکاران، ۱۳۹۹؛Sun et al., 2024). این تأثیرات از طریق مکانیسم‌هایی مانند تعدیل میکروکلیما، بهبود شرایط خاک و نیز رهاسازی ترکیبات آللوپاتیک اعمال می‌شود. بنابراین، بررسی گرادیان تغییرات در ویژگی‌های خاک و بانک بذر در فواصل مختلف از پایه این گیاهان غالب، الگویی کلیدی و رایج برای جداسازی و درک تلفیقی اثرات سایه‌اندازی، رقابت ریشه‌ای و آللوپاتی فراهم می‌سازد (Kong et al., 2024).

با وجود آگاهی از اهمیت جهانی اکوسیستم‌های خشک، شکاف دانش قابل‌توجهی در مورد تعاملات خاص گیاه-خاک-بانک بذر در زیر سایه‌بان گونه‌های بومی و با ارزش مناطق خشک ایران، مانند بادام‌های خودرو (مانند *A. scoparia*)، وجود دارد. این گونه‌ها اغلب گونه‌های کلیدی و سازنده بسیاری از اکوسیستم‌های کوهستانی و تپه‌ماهوری کشور هستند. مطالعه سیستماتیک تأثیرات آن‌ها بر بانک بذر خاک نه تنها بینش‌های نظری ارزشمندی در مورد مکانیسم‌های حاکم بر تجمع گونه‌ها و توالی اکولوژیک در این مناطق ارائه می‌دهد، بلکه می‌تواند مبنای علمی محکمی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، از جمله انتخاب گونه‌های مناسب برای پروژه‌های احیای مرتع، جنگل‌کاری و تثبیت شن‌های روان باشد (Kiani et al., 2023).

بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach) از خانواده گل سرخ، یک گیاه دارویی بومی و به‌طور گسترده در ایران پراکنش دارد (صداقت و پژوهان مهر، ۱۳۹۳). این گونه به گرما و خشکی مقاوم است و از این رو در پروژه‌های جنگل‌کاری و احیای اراضی مورداستفاده قرار می‌گیرد. با این حال تأثیر کاشت این گونه بر محیط اطراف و ازدیاد، جوانه زنی بذور نامشخص است. بررسی توأم بانک بذر خاک و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک یک ضرورت کلیدی است، زیرا توزیع مکانی و زنده‌مانی بذرها در خاک به شدت تحت تأثیر عامل‌های محیط خاک است (Fabšičová et al., 2024)، و درک این ارتباط برای پیش‌بینی موفقیت احیای پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های تخریب‌شده حیاتی محسوب می‌شود (Du et al., 2023; Chen et al., 2025).

شناسایی دینامیک بانک بذر خاک تحت تأثیر پدیده آللوپاتی، به ویژه در جوامع گیاهی تحت سلطه گونه‌های درختی، برای درک سازوکارهای بنیادین توالی اکولوژیک و حفاظت از تنوع زیستی در اکوسیستم‌های خشک ضروری است (Chaves Lobón et al., 2023). این مطالعات نه تنها نقش گیاهان کلیدی اکوسیستم در فیلتر کردن گونه‌ها از طریق تداخلات شیمیایی را آشکار می‌سازد، بلکه مبنای علمی لازم برای مدیریت احیای فعال این زیست‌بوم‌های حساس را فراهم می‌آورد (Başaran., 2021; Xu et al., 2023).

مطالعات محدودی به بررسی مستقیم پتانسیل آللوپاتی گونه بادام کوهی، پرداخته‌اند. با این حال، شواهد پراکنده نشان می‌دهد که عصاره‌های آبی برگ و ریشه این گونه می‌تواند بر جوانه‌زنی و رشد برخی گیاهان مرتعی تأثیر بازدارنده داشته باشد(ساغری و همکاران، ۱۳۹۹). مطالعه‌ای میدانی نیز کاهش غنای گونه‌ای و تغییر ترکیب پوشش گیاهی زیرآشکوب این درختچه را نسبت به مناطق باز اطراف گزارش کرده که می‌تواند حاکی از اثرات ترکیبی سایه‌اندازی و احتمالی آللوپاتی باشد (Kiani et al.,).

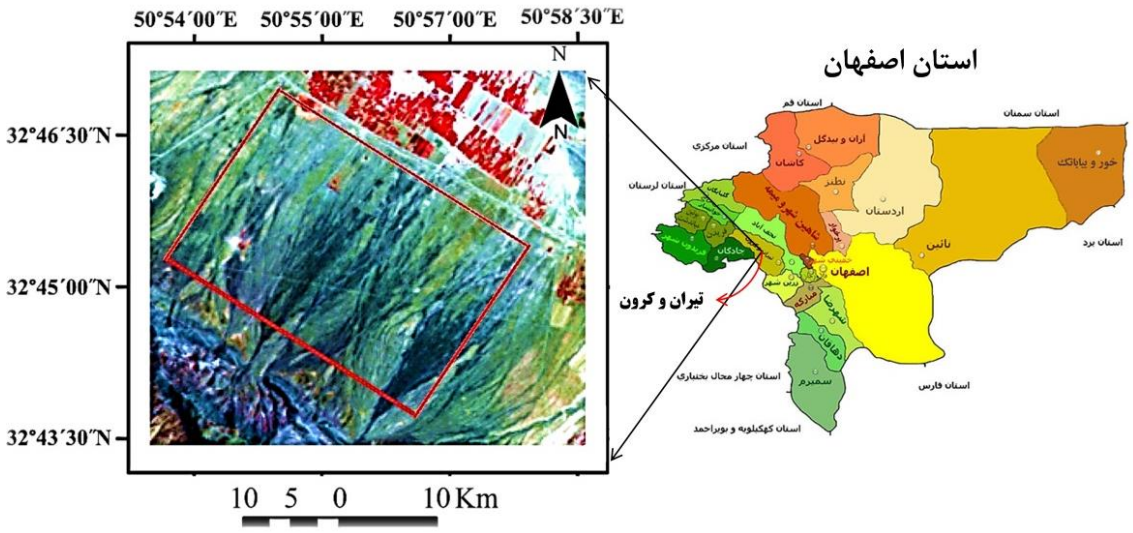
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

(2023 لذا بررسی ارتباط دینامیک بانک بذر خاک با تغییرات محیطی مانند ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک در مناطق تحت پوشش گونه‌های دارای ویژگی آللوپاتی مانند بادام کوهی، برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی در احیای اکوسیستم‌های خشک/نیمه‌خشک یاری دهنده خواهد بود. بنابراین، این پژوهش به دنبال پاسخ به سؤالات زیر می‌باشد: (۱) آیا کمیت (تراکم)، کیفیت (زنده‌زایی) و ترکیب گونه‌ای بانک بذر خاک به طور معناداری با فاصله از پایه درخت بادام تغییر می‌کند؟ (۲) آیا الگوی تغییرات پارامترهای خاک (مانند کربن آلی، نیتروژن کل، هدایت الکتریکی و pH) با این گرادیان فضایی همانگی نشان می‌دهد؟ (۳) آیا الگوهای مشاهده‌شده را می‌توان با توجه به اصول اکولوژی آللوپاتی و نقش مهم گیاهان غالب تفسیر کرد؟ پاسخ به این پرسش‌ها گامی اساسی در تدوین دانش بومی مرتبط با احیای اکوسیستم‌های خشک ایران و توسعه راهکارهای مبتنی بر طبیعت برای افزایش تاب‌آوری آن‌ها محسوب می‌شود. این مهم با در نظر گرفتن فاصل کشت نهال به عنوان عناصر اصلی و تقویت و حمایت گونه‌های زیرآشکوپ در طرح های بیولوژیک و جنگل‌کاری استمرار و قوام پوشش گیاهی را با لحاظ هزینه و اثرات منفی کمتر موجب خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در تیرماه ۱۴۰۲ با نمونه‌برداری از گیاه و خاک در یک رویشگاه مرتعی دارای پایه‌های درختی ۲۷ ساله بادام کوهی که به صورت تک‌کشتی و با فاصله کشت ۶×۸ متر در مراتع نیمه‌خشک کشت شده بودند، انجام شد. منطقه موردمطالعه، مراتع غربی تیران در مرکز ایران (″۵۰°۵۴′۰۰ - ″۵۰°۵۸′۳۰ شرقی و ″۳۲°۴۳′۳۰ - ″۳۲°۴۶′۳۰ شمالی) واقع است (شکل ۱). ارتفاع محل نمونه‌برداری ۲۲۵۰ متر از سطح دریا، و میانگین بارندگی سالانه ۲۵۲ میلی‌متر و میانگین حداکثر و حداقل دمای منطقه به ترتیب ۳۲/۵ و ۱۸/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که به روش درون‌یابی با استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی مجاور (بادیجان، دامنه، نجف‌آباد) محاسبه شده است (Yazdanshenas et al., 2016).



شکل ۱- موقعیت جغرافیای منطقه موردمطالعه در غرب استان اصفهان

ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک

در این منطقه درصد پوشش تاجی پایه‌های بادام کوهی با تراکم ۲۰۰ اصله در هکتار معادل ۱۸ درصد است. همچنین در این مناطق، گونه‌های گیاهی همراه شامل فرم‌های علفی یک‌ساله و چندساله شناسایی‌شده از قبیل جنس‌های *Stachys*،*Allium* ، *Alyssum* ، *Astragalus* و *Bromus* هستند. گونه گون (*Astragalus gossypinus*)، قدومه صحرایی (*Alyssum desertorum*)، جاز (*Scariola orientalis*)، بروموس میشی (*Bromus tectorum*)، گاوپونه (*Stachys*

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

inflata) و یال اسبی (*Stipa arabica*) مهم‌ترین گونه‌های موجود در این منطقه هستند.

مطالعه خصوصیات خاک

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی (EC) محلول اشباع خاک با استفاده از دستگاهEC متر Rhoades et al., 1999)و واکنش خاک (pH) در نسبت ۱:۲,۵ خاک به آب مقطر با استفاده ازpH متر گلاس-الکترودی (McLean, 1982)تعیین شد. مقدار معادل کربنات کلسیم ($CaCO_3$) با روش تجزیه در اسید و اندازه‌گیری حجم گاز CO_2 آزادشده (کلسی‌متری) سنجیده شد (Loeppert and Suarez, 1996).پتاسیم (K)قابل‌جذب به روش استخراج با استات‌آمونیوم ۱ نرمال و اندازه‌گیری با فلیم فتومتر (flame photometer) اندازه‌گیری گردید .(Knudsen et al., 1982) نیتروژن کل (N) با استفاده از روش هضم اسیدی (Digestion) و تقطیر (Distillation) به روش استاندارد کجلدال (Kjeldahl)تعیین مقدار شد (Bremner, 1996). فسفر (P)قابل‌دسترس با روش استخراج با بیکربنات سدیم ۰/۵ مولار در) pH=8.5 روش اولسن (Olsen - و قرائت با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد ,.Olsen et al).

(1954رطوبت وزنی خاک پس از خشک کردن در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و بافت خاک نیز با روش هیدرومتری (روش پیپت) پس از پراکنده‌سازی با هگزامتافسفات‌سدیم (Gee & Bauder, 1986) تعیین شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک برداشت‌شده از رویشگاه گیاه و منطقه شاهد مورداستفاده برای آزمون جوانه‌زنی در شرایط گلخانه

عامل	فاصله از پایه گیاه (متر)				شاهد
	۰ (زیر آشکوب)	۱	۲	۳	
سنگریزه (درصد)	۳۳/۳±۷/۰^{a}	۳۵/۴۰±۸/۰^{a}	۳۷/۲۰±۶/۵^{a}	۳۷/۰±۷/۰^{الف}	۳۶/۴±۸/۰^{a}
شن (درصد)	۵۲/۱±۱۲/۰^{a}	۵۶/۱±۱۱/۰^{a}	۵۸/۰±۱۰/۰^{a}	۵۸/۱±۱۳/۰^{a}	۵۳/۳±۱۱/۸^{a}
سیلت (درصد)	۱۶/۲±۴/۲^{a}	۱۴/۲±۳/۷^{a}	۱۵/۳±۶/۰^{a}	۱۴/۰±۳/۲^{a}	۱۵/۱±۴/۰^{a}
رس (درصد)	۳۱/۳±۵/۸^{a}	۲۹/۴±۶/۴^{a}	۳۰/۵±۶/۷^{a}	۳۱/۲±۶/۶^{a}	۳۰/۸±۵/۸^{a}
ماده آلی	۱/۸±۰/۵^{a}	۱/۴±۰/۴^{b}	۱/۰±۰/۲^{c}	۰/۹±۰/۳^{c}	۱/۰±۰/۲^{c}
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس‌برمتر)	۲/۶±۰/۲^{a}	۲/۸±۰/۳^{a}	۲/۸±۰/۲^{a}	۲/۹±۰/۱^{a}	۲/۸±۰/۲^{a}
pH	۷/۰±۰/۲^{b}	۷/۵±۰/۳^{ab}	۷/۷±۰/۲^{a}	۷/۹±۰/۳^{a}	۷/۹±۰/۴^{a}
نیتروژن (میلی‌اکی‌والان‌برلیتر)	۶/۴±۰/۴^{a}	۶/۰±۰/۵^{ab}	۵/۸±۰/۳^{ab}	۵/۲±۰/۲^{c}	۵/۰±۰/۳^{c}
فسفر (میلی‌اکی‌والان‌برلیتر)	۱۸/۶±۴/۳^{c}	۲۰/۶±۵/۱س^{bc}	۲۲/۶±۵/۳^{ab}	۲۴/۴±۵/۵^{a}	۲۵/۱±۶/۲^{a}
پتاسیم (میلی‌اکی‌والان‌برلیتر)	۹۸/۵±۱۴/۴^{a}	۸۸/۵±۱۳/۲^{ab}	۸۲/۳±۱۴/۳^{b}	۸۳/۶±۱۳/۰^{b}	۸۵/۴±۱۲/۳^{b}
کربنات کلسیم (درصد)	۱۱/۵±۴/۰^{a}	۱۳/۱±۴/۲^{a}	۱۵/۴±۵/۰^{a}	۱۵/۳±۴/۰^{a}	۱۵/۵±۳/۴^{a}

بررسی بانک بذر خاک

در این پژوهش، نمونه‌برداری بر اساس یک طرح نظام‌مند و در قالب گرادیان فاصله از پایه درختان انجام گرفت. برای این منظور، نمونه‌برداری از بانک بذر خاک در امتداد یک خطواره از پایه بادام کوهی به سمت فضای عاری از گیاه صورت گرفت. نمونه‌برداری در فواصل ۰ (زیرآشکوب گیاه)، ۱، ۲، و ۳ متری از پایه‌های گیاه در هر منطقه انجام شد (Wang et al., 2020). در این مطالعه فواصل انتخابی بر اساس فواصل کشت شده نهال بادام کوهی و نیز شواهد صحرایی مبنی بر تغییرات پوشش در نظر گرفته شد. در هر یک از فواصل تعیین‌شده چهار پلات نمونه‌برداری (هر پلات به ابعاد ۰/۵ × ۰/۵ متر) به صورت تصادفی نظام‌مند مستقر شد. این پلات‌ها به گونه‌ای توزیع شدند که تغییرات میکروسایت پیرامون هر پایه درخت را به طور کامل پوشش دهند. برای مطالعه بانک بذر، در مرکز هر پلات، نمونه خاک تا عمق ۵ سانتی‌متری به طور کامل برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوا، از الک با مش ۲ میلی‌متر عبور داده شدند تا بقایای گیاهی درشت جدا شوند. سپس همه بذرهای موجود در نمونه خاک، اعم از بذرهای متعلق به بانک موقت و پایا، استخراج، شناسایی و شمارش شدند (Padonou et al., 2022). شناسایی اولیه بذرها بر اساس تطابق ریخت‌شناسی با

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

نمونه‌های گیاهان موجود در محل انجام و در صورت نیاز با مقایسه با هرباریوم بذر تأیید نهایی شد.

آزمون بذر و محاسبه شاخص‌های جوانه زنی

پس از استخراج بذرهای گونه‌های شاخص پهن‌برگ (گون) و گندمیان (بروموس و یال اسبی) از نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده در گرادیان فاصله (۰، ۱، ۲ و ۳ متری) از پایه‌های بادام کوهی، بذرها برای آزمایش جوانه‌زنی آماده شدند. ابتدا بذرها به دقت از مواد خارجی جدا شدند. به دلیل احتمال وجود خواب فیزیولوژیک یا فیزیکی در بذرهای این گونه‌های مناطق خشک، یک پیش‌تیمار یکسان برای همه بذرها اعمال گردید: بذرها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد خیسانده شدند (Baskin & Baskin, 2021). سپس آزمایش به صورت طرح فاکتوریل در قالب پایه کاملاً تصادفی با سه فاکتور و ۴ تکرار (هر تکرار شامل یک سینی کشت با ۵۰ عدد بذر) طراحی شد: فاکتور یک بذر گونه‌ها (۲ سطح) و فاکتور خاک تهیه‌شده در فواصل مختلف از پایه (۴ سطح) به همراه نمونه شاهد (خاک تهیه‌شده از محلی بدون درخت در مجاور محدوده زیر کشت بادام کوهی). قبل از کشت خاک درون سینی‌ها تسطیح و فشرده شد و سپس برای هر واحد آزمایشی، ۵۰ بذر بر روی بستر خاک در داخل سینی کشت قرار داده شدند (Gallandt et al., 1999). بر روی هر سینی حدود ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. سینی‌ها در محیط گلخانه با شرایط نوری-دمایی دوره‌ای ۱۲ ساعت روشنایی در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس قرارداده‌شدند (ISTA, 2023). رطوبت سطح خاک با افزودن منظم آب مقطر استریل حفظ گردید. شرایط آزمون پیوسته مورد پایش و تغییرات مربوط به جوانه زنی و رشد بذور در هر روز ثبت گردید. سینی‌ها به مدت ۲۲ روز، تا زمانی که دیگر بذری جوانه نزد، موردبررسی قرار گرفتند و شمارش بذرهای جوانه‌زده ثبت گردید. جوانه‌زنی ظهور ریشه چه (Radicle) به طول حداقل ۲ میلی‌متر تعریف شد (Ranal and Santana, 2006). همچنین به منظور ارزیابی قدرت ظهور جوانه، کشت بذر گونه‌ها در سینی‌هایی استاندارد (به ابعاد ۳۰ در ۶۰ سانتی‌متر) محتوی خاک برداشت‌شده از فواصل مختلف پایه گیاه بادام کوهی در رویشگاه انجام شد و ظهور نهال از خاک مورد ارزیابی قرار گرفت (Padonou et al., 2022). بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده، شاخص‌های زیر محاسبه شدند:

درصد نهایی جوانه‌زنی (FGP[1]):

رابطه ۱ $FGP(\%) = (\text{تعداد کل بذرهای کشت‌شده/تعداد کل بذرهای جوانه‌زده در پایان دوره}) \times ۱۰۰$

سرعت جوانه‌زنی (GR[2]):

رابطه ۲ $GR = \Sigma (Gi / Ti)$

که در آن Gi تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام، و Ti تعداد روزهای سپری‌شده از شروع آزمایش تا روز شمارش iام است (Farooq et al., 2019).

شاخص جوانه‌زنی (GSI[3]):

این شاخص هم‌زمان درصد و سرعت جوانه‌زنی را در بر می‌گیرد (AOSA, 2022).

رابطه ۳ $GSI = \Sigma (\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز} / \text{تعداد روز از شروع آزمایش})$

میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT[4]):

رابطه ۴ $MGT = \Sigma (ni \times di) / N$ (روز)

که در آن ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام، di شماره روز از شروع آزمایش، و N تعداد کل بذرهای جوانه‌زده است. این شاخص نشان‌دهنده مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی جمعیت بذرها است (Ellis & Roberts, 1980).

شاخص بنیه گیاهچه (SVI[5]):

این شاخص ترکیبی از درصد جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه است (Abdul-Baki and Anderson, 1973). در روز پایانی آزمایش، طول گیاهچه (ریشه‌چه + ساقه‌چه) ۱۰ گیاهچه به طور تصادفی انتخاب‌شده از هر تکرار، اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد.

[1]Final Germination Percentage
[2]Germination Rate
[3]Germination Speed Index
[4]Mean Germination Time
[5]Seedling Vigor Index

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

رابطه ۵ SVI= (درصد جوانه‌زنی × میانگین طول گیاهچه)

ضریب یکنواختی جوانه‌زنی (CVG)[1]:

رابطه ۶ $CVG = \{ \Sigma Ni / [\Sigma (Ni \times Ti^2) - (\Sigma (Ni \times Ti))^2/\Sigma Ni]^{(1/2)} \} \times ۱۰۰$

در فرمول بالا Ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در فاصله زمانی Ti است. این شاخص نشان‌دهنده پراکندگی یا یکنواختی جوانه‌زنی در طول زمان است (Ranal & Santana, 2006).

شاخص ظهور نهال (SE)[2]

این شاخص به ظهور جوانه و قدرت بذر در خارج شدن از خاک اشاره دارد که درصد بذرهایی را نشان می‌دهد که جوانه آن‌ها از خاک سر برآورده است (Maguire, 1962).

تحلیل داده‌ها

کلیه شاخص‌های محاسبه‌شده با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) برای بررسی اثرات اصلی گونه، فاصله و اثر متقابل آن‌ها مورد تحلیل قرار گرفتند. در صورت معنی‌دار بودن تفاوت‌ها، از آزمون تعقیبی توکی (Tukey's HSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس‌ها با آزمون لوین موردبررسی قرار گرفت. برای بررسی همبستگی بین الگوی تغییرات مکانی شاخص‌های جوانه‌زنی و الگوی تغییرات خصوصیات خاک در گرادیان فاصله، از آزمون همبستگی مانتل (Mantel test) استفاده شد. این آزمون روابط یا شدت بین پارامترهای محیطی و یک تک صفت یا شاخص‌هایی ترکیبی که محاسبه‌شده‌اند را دقیق‌تر نشان می‌دهد. آزمون مانتل با استفاده از تابع mantel_test از بسته linkET در نرم‌افزار R اجرا گردید. برای این منظور خصوصیات مورد ارزیابی بر مبنای فاصله اقلیدسی نرمال‌شده محاسبه و معنی‌داری آماری روابط تعیین شد. نمودارها نیز در محیط نرم‌افزار R طراحی شدند.

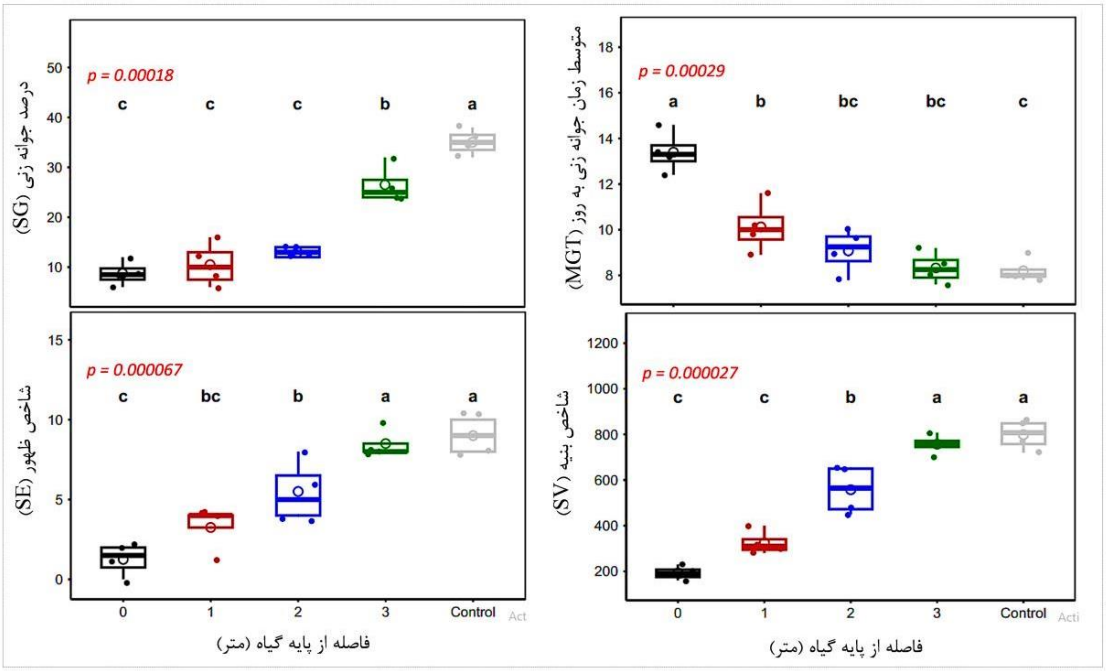
نتایج

ارزیابی روند تغییرات شاخص‌های جوانه‌زنی گندمیان بر اساس فاصله از پایه بادام کوهی، روند تغییرات دو شاخص مهم جوانه‌زنی گندمیان را در گرادیان فاصله از پایه درختچه نشان می‌دهند. در هر دو نمودار، یک روند افزایشی خطی و معنادار با دور شدن از پایه گیاه (از ۰ به ۳ متر) مشاهده می‌شود. شاخص میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) با دور شدن از پایه درخت به طور معناداری کاهش یافته است ($p<۰/۰۱$). این نتیجه نشان می‌دهد که بذرهای گندمیان در فواصل دورتر از پایه درخت بادام کوهی با سرعت بیشتری جوانه می‌زنند و زمان لازم برای تکمیل فرآیند جوانه‌زنی کوتاه‌تر است. همچنین، شاخص ظهور نهال (SE) و شاخص بنیه (SV) نیز همسو با افزایش فاصله، افزایش معناداری را نشان داده‌اند ($p<۰/۰۱$). این الگو حاکی از آن است که نه تنها موفقیت ظهور نهال‌های گندمیان، بلکه قدرت رشد اولیه و سلامت گیاهچه (بنیه) نیز با دور شدن از پایه درخت به طور قابل‌توجهی بهبود می‌یابد. در مجموع، این روندهای افزایشی قوی و معنادار، نشان می‌دهد که شرایط محیطی در نزدیکی پایه بادام کوهی اثر بازدارنده بر فرآیند جوانه‌زنی و استقرار گندمیان داشته، و این اثر با افزایش فاصله به تدریج کاهش می‌یابد. به‌طورکلی درصد جوانه زنی بذور گندمیان تحت تیمار ۰، ۱، ۲، ۳ متر و شاهد به ترتیب معادل ۸/۷۵، ۱۰/۵، ۱۳، ۲۶/۵ و ۳۵ درصد بود. شاخص بنیه نیز به ترتیب معادل ۱۹۲، ۳۲۵، ۵۵۷، ۷۵۷ و ۷۹۸ بود (شکل ۲).

[1]Coefficient of Velocity of Germination

[2]Seedling Emergence index

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

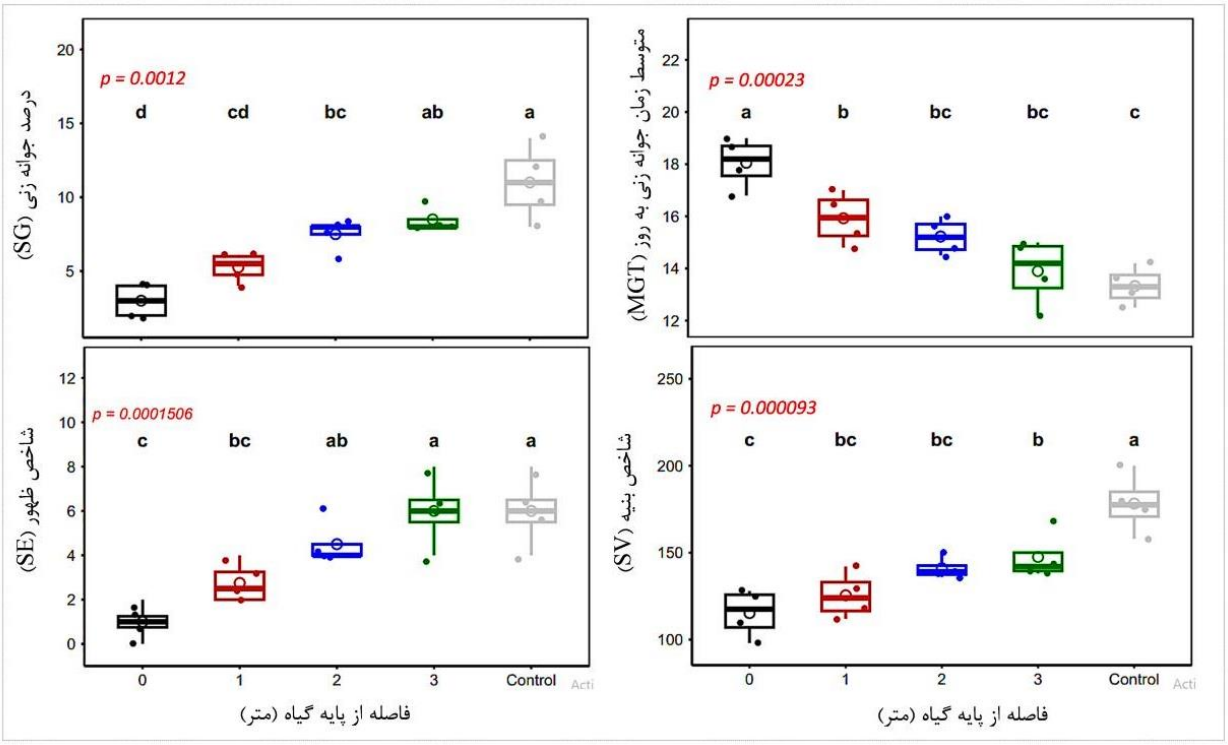


شکل ۲- روند تغییرات شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (SG)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)، شاخص بنیه (SV) و شاخص ظهور نهال (SE) در بذر گندمیان را در ارتباط با خصوصیات خاک در فواصل ۰، ۱ و ۲ و ۳ متری از پایه بادام کوهی

همچنین، نتایج نشان داد که هر سه شاخص جوانه‌زنی پهن‌برگ‌ها در فواصل مختلف از پایه بادام کوهی و نسبت به شاهد تغییرات معناداری داشته‌اند. شاخص میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) به شکل معناداری و به صورت کاهشی (از حدود ۸ روز در فاصله ۰ متر به حدود ۴ روز در فاصله ۳ متر) تغییر کرده است. شاخص‌های ظهور نهال (SE) و بنیه (SV) نیز روند افزایشی معناداری نشان دادند، اما با سطوح معناداری متفاوت (به ترتیب ۰/۰۰۰۲۹ و ۰/۰۲ = p). درصد جوانه زنی بذور پهن‌برگ‌ها تحت تیمار ۰، ۱، ۲، ۳ متر و شاهد به ترتیب معادل ۳/۱، ۵/۲۵، ۷/۵، ۸/۵ و ۱۱ درصد بود. شاخص بنیه نیز به ترتیب معادل ۱۱۵، ۱۲۵، ۱۴۱، ۱۴۷ و ۱۸۷ بود (شکل ۳).

بر اساس نتایج، پهن‌برگ‌ها در شاخص MGT پاسخ بسیار قوی‌تری نسبت به گندمیان نشان دادند، به طوری که زمان جوانه‌زنی پهن‌برگ‌ها تقریباً دو برابر بیشتر کاهش یافته است (کاهش تقریبی ۴ روز در مقابل کاهش ۲ روز). همچنین در پهن‌برگ‌ها، بهبود شاخص بنیه (SV) تنها در سطح معناداری ضعیف‌تری رخ داده ($p<۰/۰۵$) و تنها بین فاصله ۰ متر (پایین‌ترین) و ۳ متر (بالاترین) تفاوت معنادار وجود دارد. درحالی‌که در گندمیان این بهبود در کل گرادیان و با همبستگی قوی با خاک مشاهده شد. لذا پهن-برگ‌ها نسبت به گندمیان حساسیت اکولوژیکی بیشتری به گرادیان فاصله از پایه درخت نشان دادند، به طوری که تغییرات در هر سه شاخص آن‌ها معنادار بود، اما در گندمیان تنها MGT و SE تغییر معنادار داشتند. این تفاوت‌ها مؤید استراتژی‌های بوم‌شناختی متفاوت این دو گروه عملکردی در پاسخ به تغییرات محیطی ناشی از اثرات آللوپاتی بادام کوهی است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

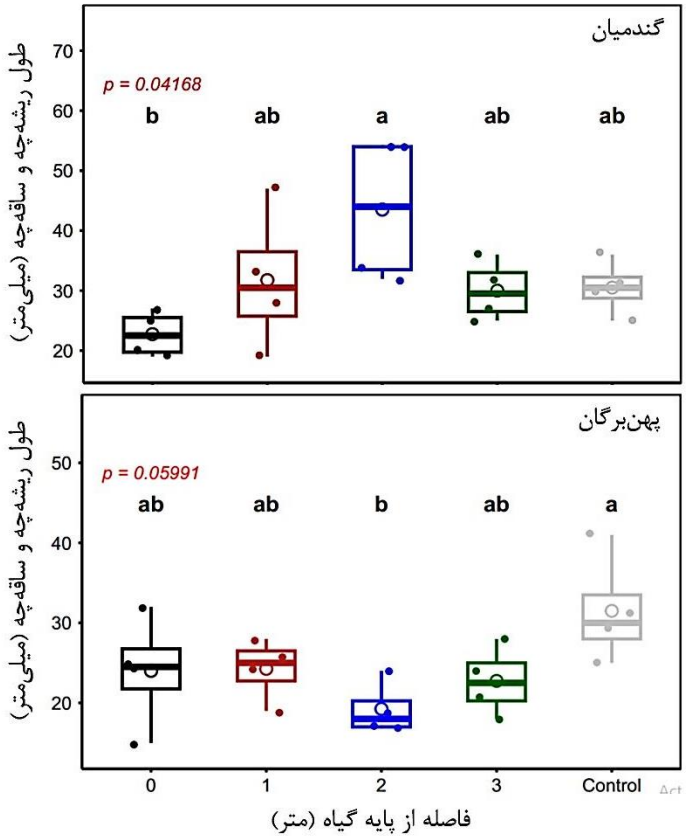


شکل ۳- روند تغییرات شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (SG)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)، شاخص بنیه (SV) و شاخص ظهور نهال (SE) بذور پهن‌برگ‌ها را در ارتباط با خصوصیات خاک در فواصل ۰، ۱ و ۲ و ۳ متری از پایه گیاه بادام کوهی

رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه بذور گندمیان و پهن‌برگ‌ها نشان داد که بسته به تیمار خاک، تغییرات محسوسی را نشان داده است. اصولاً این تغییرات در گندمیان نسبت به پهن‌برگان بیشتر بود. به‌طورکلی مقدار طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گندمیان تحت تیمار خاک زیرآشکوب معادل ۲۲ و در خاک شاهد معادل ۳۰ میلی‌متر بوده است. اما برای پهن‌برگ‌ها با کمی تغییر روند دیگری را نشان داده است.

در واقع اگرچه تیمار خاک تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گذاشته است اما به نظر می‌رسد که درصد جوانه-زنی بیشتر تحت تأثیر تیمارهای خاکی که از فواصل مختلف پایه بادام کوهی تهیه‌شده مؤثر بوده است و بدین ترتیب تغییرات کمی ($p<۰/۰۵$) در ساقه‌چه و ریشه‌چه پهن‌برگ‌ها تحت تیمارهای خاکی مشاهده شد (شکل ۴).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



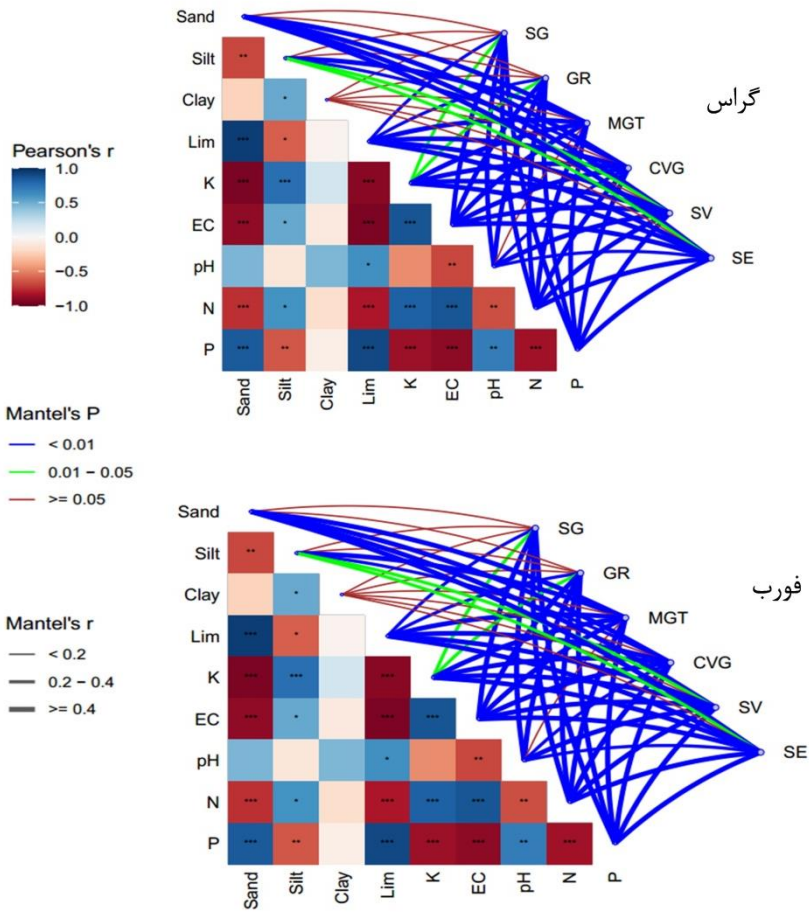
شکل ۴- طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نهال سبز شده از بذرهای گندمیان و پهن‌برگ‌ها تحت شرایط کشت در خاک‌های تهیه‌شده در فواصل ۰، ۱ و ۲ و ۳ متری از پایه گیاه بادام کوهی

نتایج آزمون مانتل به خوبی نوع و شدت ارتباط بین شاخص‌های جوانه‌زنی گندمیان و ویژگی‌های خاک در گرادیان فاصله از پایه بادام کوهی را نشان داد. بر خلاف پهن‌برگ‌ها، در گندمیان تنها شاخص بنیه گیاهچه (SV) و شاخص ظهور نهال (SE) همبستگی مانتل معناداری با خصوصیات خاک نشان دادند که این همبستگی در سطح متوسط ($r \geq ۰/۲$) و معنادار بود ($p<۰/۰۱$). این یافته نشان می‌دهد که موفقیت استقرار و رشد اولیه نهال‌های گندمیان بیشتر از سایر مراحل جوانه‌زنی، تحت تأثیر تغییرات خاک قرار دارد. در مقابل، شاخص‌های اولیه جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی (SG)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و ضریب یکنواختی جوانه‌زنی (CVG) همبستگی مانتل ضعیف و غیرمعناداری با خصوصیات خاک نشان دادند ($r <۰/۲$ و $p <۰/۰۵$). این الگو حاکی از مقاومت بیشتر گندمیان در مراحل ابتدایی جوانه‌زنی نسبت به تغییرات محیط خاک ناشی از اثرات بازدارندگی بادام کوهی است. تفاوت در الگوی پاسخ بین گندمیان و پهن‌برگ‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت‌های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی بذر یا سازوکارهای متفاوت تحمل به تنش‌ها و مواد آللوپاتیک باشد (شکل ۵).

در خصوص پهن‌برگ‌ها، نتایج آزمون مانتل نشان‌دهنده وجود همبستگی معنادار بین شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در طول گرادیان فاصله از پایه بادام کوهی بود. به‌طور مشخص، شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (SG)، سرعت جوانه‌زنی (GR) و شاخص بنیه گیاهچه (SV) با خصوصیات خاک همبستگی مانتل قوی و معناداری را نشان دادند ($r \leq ۰/۴$ و $p <۰/۰۱$). این الگو حاکی از آن است که تغییرات این شاخص‌های حیاتی جوانه‌زنی به‌طور نظام‌مندی با تغییرات ترکیب خاک در فواصل مختلف از پایه درخت هماهنگ است. در مقابل، شاخص‌های میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) و ضریب یکنواختی جوانه‌زنی (CVG) اگرچه روند مشابهی را نشان دادند، اما شدت همبستگی ضعیف‌تر و در سطح معناداری کم‌تری قرار داشتند ($r<۰/۰۲$ و $p<۰/۰۵$). این تفاوت‌ها

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

بیانگر آن است که مکانیسم اثرگذاری خاک بر فرآیند جوانه‌زنی یکنواخت نبوده و پارامترهای مختلف جوانه‌زنی حساسیت متفاوتی به تغییرات محیط خاک ناشی از اثرات آللوپاتیک بادام کوهی دارند. به‌طور کلی، الگوی مشاهده‌شده مؤید تأثیرگذاری قوی و تدریجی گرادیان ایجادشده در خاک بر عملکرد بذرهای پهن‌برگ‌ها در اکوسیستم مورد مطالعه است (شکل ۵).



شکل ۵- آزمون همبستگی مانتل بین شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی (SG)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)، ضریب یکنواختی جوانه‌زنی (CVG)، شاخص بنیه (SV)، شاخص ظهور نهال (SE) و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در گرادیان فواصل ۰، ۱ و ۲ و ۳ متری از پایه بادام کوهی در گندمیان و پهن‌برگ‌ها

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده وجود یک گرادیان مکانی معنادار در عملکرد بانک بذر خاک و شاخص‌های جوانه‌زنی در رابطه با فاصله از پایه‌های بادام کوهی است. این یافته‌ها مؤید آن است که این گونه درختی، احتمالاً از طریق مکانیسم‌های اکولوژیکی غیررقابتی و انتشار بازدارنده‌ها در محیط پیرامون خود، بر جامعه گیاهی اطراف خود تأثیر می‌گذارد.

در تحقیقات پیشین که خصوصیات جوانه‌زنی و شاخص‌های جوانی‌زنی بذرها تحت تأثیر عصاره تهیه‌شده از اندام‌های مختلف بادام کوهی مورد ارزیابی قرارگرفته، به خوبی نشان داده که بسته به اندام مورداستفاده، اثر و شدت اثر مواد بازدارنده و اثرات منفی آن‌ها بر خصوصیات جوانه زنی متفاوت بوده است (ساغری و همکاران، ۱۳۹۹، یزدانی و همکاران، ۱۴۰۱). احتمالاً این اثرات نیز با تأثیر بر ریزوسفر اطراف گیاه موجب ایجاد رقابت گیاهی خواهد شد که مانع رویش گیاه در اطراف پایه بادام کوهی می‌شود. در واقع الگوی مشاهده‌شده بهبود تدریجی شاخص‌های جوانه-زنی بذور با دور شدن از تنه، گویای تأثیر فزاینده‌ای است که می‌تواند ناشی از ایجاد یک گرادیان شیمیایی از مواد بازدارنده ناشی از وجود بادام کوهی در خاک باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

یافته‌های این مطالعه مبنی بر بهبود تدریجی و معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد، سرعت، بنیه و یکنواختی) بذر گونه‌های پهن‌برگ و گندمیان با افزایش فاصله از پایه درختچه بادام کوهی، الگویی کلاسیک را نشان می‌دهد که به طور قوی با فرضیه تأثیر منفی اثرات مجاورتی[1] گیاهان غالب بر جوامع زیرآشکوب همخوانی دارد (Zhang et al., 2021). اگرچه این گرادیان می‌تواند حاصل ترکیبی از رقابت برای منابع (نور، آب و مواد غذایی) و اثرات آللوپاتیک باشد، اما بهبود چشمگیر جوانه‌زنی حتی در فواصل نسبتاً کوتاه (۲ تا ۳ متری)، جایی که رقابت برای نور و آب احتمالاً همچنان قابل توجه است، نقش پررنگ‌تر عوامل شیمیایی خاک را پیشنهاد می‌کند (Arroyo et al., 2018; Xu et al., 2023). این مشاهده با مطالعات متعددی که کاهش تنوع و تراکم پوشش گیاهی علفی در زیر سایه‌بان درختان و درختچه‌های آللوپاتیک را گزارش کرده‌اند، هم‌سوست (Latif et al., 2017; Kong et al., 2024).

نتایج به‌دست‌آمده را می‌توان با مکانیسم آلودگی شیمیایی خاک[2] در نزدیکی ریزوسفر گیاه دهنده تفسیر کرد. در این مکانیسم، تجمع تدریجی متابولیت‌های ثانویه بازدارنده، چه از طریق شستشوی برگ‌ها و لاشبرگ‌ها و چه از طریق تراوش ریشه، منجر به ایجاد یک هاله مهاری[3] در اطراف گیاه مادر می‌شود (Aslam et al., 2017; Kostina-Bednarz et al., 2023). این ترکیبات می‌توانند با مختل کردن فرآیندهای فیزیولوژیکی کلیدی مانند تقسیم سلولی، فعالیت آنزیمی و یکپارچگی غشا در بذر و گیاهچه، سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی شوند (Kumar et al., 2024). کاهش همزمان شاخص بنیه گیاهچه در فواصل نزدیک، که نشان‌دهنده تلفیق اثر بر جوانه‌زنی و رشد اولیه است، نیز گواه دیگری بر این مداخلات فیزیولوژیک است (Othman et al., 2023).

از طرفی با توجه به مقاومت ذاتی گونه‌های جنس Astragalus به تنش‌های محیطی خشکی، و با در نظر گرفتن این که نمونه‌برداری خاک پس از فصل بارندگی و در شرایط رطوبتی نسبتاً یکنواخت انجام شد، می‌توان استدلال کرد که رقابت برای آب نمی‌تواند تبیین‌کننده اصلی الگوی مشاهده‌شده باشد. از سوی دیگر، هم‌راستایی این الگو با تغییرات معنادار برخی خصوصیات خاک (مانند مواد آلی و نیتروژن) که خود می‌توانند بر قابلیت جذب و فعالیت ترکیبات آللوپاتیک تأثیر بگذارند (Polyak and Sukcharevich, 2019)، شروع فعالیت‌های بیولوژیکی مانند فعال شدن بخش جنین بذر یا در محله بعدی فعالیت ریشه‌چه را دچار مختل نماید. بنابراین، اگرچه اندازه‌گیری مستقیم ترکیبات آللوپاتیک در خاک این مطالعه صورت نگرفت، مجموعه همگرای شواهد شامل ۱) الگوی مکانی روشن، ۲) تطابق با مبانی تئوری آللوپاتی، و ۳) همبستگی با تغییرات پارامترهای خاک مرتبط، قویاً از وجود یک گرادیان شیمیایی بازدارنده ناشی از بادام کوهی در خاک پشتیبانی می‌کند (Wang et al., 2018). از طرفی خصوصیات درختچه‌های بادام کوهی می‌تواند بر شدت آللوپاتی تأثیرگذار باشد. با توجه به اینکه پوسته بذور بادام کوهی خاصیت آللوپاتی بیشتری نسبت به سایر اندام‌های گیاه دارند (Jahantab et al., 2021)، لذا با هر ریزش بذور و انتقال آن‌ها، اثرات بازدارندگی گیاه تا فواصلی دورتر از پایه گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود.

این یافته‌ها از دیدگاه اکولوژیکی حائز اهمیت است، زیرا نشان می‌دهد بادام کوهی، به عنوان یک گونه مقاوم و کلیدی در مناطق خشک ایران، نه تنها از طریق رقابت فیزیکی، بلکه احتمالاً از طریق فیلتر شیمیایی نیز بر و دینامیک بانک بذر و تجمع گونه‌ها تأثیر می‌گذارد و بدین ترتیب ساختار جامعه گیاهی اطراف خود را شکل می‌دهد (Spadeto et al., 2024). این مکانیسم ممکن است مزیت رقابتی قابل‌توجهی برای این‌گونه در محیط‌های با تنش منابع فراهم آورد. یافته‌های این تحقیق از فرضیه اصلی مبنی بر وجود اثرات بازدارنده در مجاورت پایه بادام کوهی بر بانک بذر خاک و جوانه‌زنی پشتیبانی می‌کنند. همسویی کاهش کمی و کیفی بانک بذر و جوانه‌زنی در نزدیکی تنه با تغییرات خاص خاک، درک ما را از نقش اکولوژیک این گیاه به عنوان یک گونه مقاوم با مکانسیم‌های ذاتی غنی (آللوپاتی) می‌سازد. به‌طورکلی اگرچه اثرات رقابتی گونه‌ها در محیط‌های طبیعی مخصوصاً برای برخی از گونه‌های مقاوم و گونه‌هایی که دارای ارزش اکولوژیکی بالایی دارند مانند بادام کوهی شدید است، اما به هر حال استفاده مؤثر از این گونه‌ها را در مراتعی که تخریب یافته‌اند نمی‌توان نادیده گرفت، با این حال با اطلاع از چنین مکانسیم‌هایی

[1] Proximity effects
[2] Chemical soil sickness
[3] Inhibition halo

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

در تعیین فواصل کشت می‌تواند تأثیر بالایی بر بهبود وضعیت کلی خاک و پوشش گیاهی داشت. لذا پیشنهاد می‌گردد فواصل کشت این گونه‌ها بین ۸ تا ۱۲ متر انتخاب شود و در تقویت گونه‌های زیرآشکوب در طرح‌های بیولوژیک تحت کشت این گونه با هدف حفاظت خاک و یا تولید علوفه نیز از بذور گونه‌های گندمیان چندساله مانند یال‌اسبی یا گونه‌هایی ارزشمند دیگر استفاده شود.

همچنین با توجه به ماهیت مطالعه حاضر که بر اساس شواهد غیرمستقیم و الگوهای اکولوژیک، اثرات احتمالی آللوپاتی را موردبررسی قرارداد، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی بر رفع شکاف‌های دانش موجود از طریق روش‌های تکمیلی متمرکز شوند: الف) شناسایی مستقیم ترکیبات شیمیایی: مطالعات آینده می‌توانند با به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته جداسازی و شناسایی، مانند کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا متصل به طیف‌سنج جرمی به طور مستقیم به شناسایی، تعیین مقدار و ردیابی ترکیبات آللوپاتیک بالقوه (مانند فنل‌ها، ترپنوئیدها یا آلکالوئیدها) در بافت گیاه و ریزوسفر، برگ‌های ریزش‌یافته) و همچنین در عصاره‌های خاک جمع‌آوری‌شده از گرادیان فاصله بپردازند. این امر نقش قطعی‌تری در اثبات مکانیسم شیمیایی ایفا خواهد کرد؛ ب) انجام زیست‌آزمایی‌های گلدانی در شرایط کنترل‌شده گلخانه با استفاده از خاک استریل‌شده که با غلظت‌های مشخصی از عصاره خالص‌شده یا ترکیبات شناسایی‌شده آغشته شده است، می‌تواند رابطه علّی مستقیم بین حضور مواد شیمیایی و بازدارندگی رشد را به صورت مجزا از سایر عوامل رقابتی (نور، آب) اثبات نماید؛ ج) ازآنجاکه سرنوشت و فعالیت بسیاری از ترکیبات آللوپاتیک تحت تأثیر جامعه میکروبی خاک قرار دارد، مطالعه هم‌زمان ساختار و عملکرد جامعه میکروبی ریزوسفر در فواصل مختلف از پایه درخت، می‌تواند نقش تعدیل‌کننده یا تشدیدکننده میکروب‌ها را در پدیده مشاهده‌شده روشن سازد؛ و د) با فرض تأیید اثرات بازدارندگی، پژوهش‌های کاربردی می‌تواند بر یافتن گونه‌های گیاهی همراه مقاوم به این ترکیبات یا روش‌های کاهش اثرات آللوپاتیک (مانند استفاده از زغال زیستی یا کودهای آلی خاص) برای بهبود موفقیت کشت مخلوط یا احیای پوشش گیاهی در زیرآشکوب و اطراف این گونه ارزشمند متمرکز شود.

منابع

باقری، ر.، ارجمند تاج‌الدینی، م.ج. ۱۳۹۰. بررسی اثر دگرآسیبی آویشن کرمانی (*Thymus caramanicus*. Jalas) بر برخی شاخص‌های رویشی بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۲): ۲۶۱-۲۷۰.

ساغری، م.، رستم پور، م.، روستا، م.، هلال بیگی، ی. ۱۳۹۹. تأثیر جنگل‌کاری با دو گونهٔ درختچه‌ای سماق و بادام‌کوهی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک (بررسی موردی: منطقه کاخک گناباد- خراسان رضوی). پژوهش و توسعه جنگل. ۶(۲): ۲۰۲-۱۸۵.

صداقت، ن.، پژوهان مهر، س. ۱۳۹۳. بررسی خواص کیفی مغز بادام وحشی واریته *Amygdalus scoparia* تحت شرایط مختلف بسته‌بندی و نگهداری. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۴۳(۱۱): ۲۳-۱۱.

یزدانی، م.، بابائی، س.، حقیان، ا. . ۱۴۰۱. اثر آللوپاتی عصاره (*Amygdalus scoparia*) بادام کوهی، دافنه مزرون (*Daphne mezerum*) و آبنوس (*Ebenus stellata*) بر جوانه‌زنی بذور گونه‌های مهم زیرآشکوب در شرایط آزمایشگاهی (مطالعهٔ موردی: رویشگاه چنار ناز یزد). مهندسی اکوسیستم بیابان. ۲۹: ۸۹-۱۰۰.

Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science, 13(6): 630-633.

AOSA (Association of Official Seed Analysts). 2022. Rules for Testing Seeds. Vol. 1. Principles and Procedures. AOSA, Ithaca, NY Ellis, R.A., Roberts, E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany, 45(1):13-30.

Arroyo, A.I., Pueyo, Y., Giner, M.L., Foronda, A., Sanchez-Navarrete, P., Saiz, H. Alados, C.L. 2018. Evidence for chemical interference effect of an allelopathic plant on neighboring plant species: a field study. PloS one, 13(2): p.e0193421.

Aslam, F., Khaliq, A., Matloob, A., Tanveer, A., Hussain, S., Zahir, Z.A. 2017. Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy-concepts and implications. Chemoecology, 27(1): 1-24.

Başaran, F., 2021. Ecological aspects of allelopathy. International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences, 5(1): 80-86.

Baskin, J.M., Baskin, C.C. 2021. The great diversity in kinds of seed dormancy: a revision of the Nikolaeva–Baskin classification system for primary seed

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. SSSA Book Ser. 5.1. SSSA and ASA, Madison, WI, 383–411.

Huang, J., Zhang, G., Zhang, Y., Guan, X., Wei, Y., Guo, R. 2021. Global assessment of future sectoral water scarcity under adaptive inner-basin water allocation measures. Science of The Total Environment, 783, 146973.

IPBES, W. 2019. Intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Summary for policy makers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat, Bonn, Germany.

ISTA (International Seed Testing Association). 2023. International Rules for Seed Testing. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.

Jahantab, E., Yazdanshenas, H., Taheri, N., Wang, Y., Zhao, Q.H. 2021. Autotoxicity of *Amygdalus scoparia* Spach and *Atriplex canescens* (Pursh.) Nutt. on soil seed bank in Iranian arid lands. Allelopathy Journal, (54) 2: 183-198.

Kiani, M., Tabasi, E., Jafari, M., Jankju, M. 2023. The role of nurse plants in restoring degraded arid and semi-arid lands: A systematic review. Ecological Engineering, 186, 106832.

Knudsen, D., Peterson, G.A., Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium, and potassium. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. SSSA Book Ser. 5.2. SSSA and ASA, Madison, WI, 225–246.

Kong, C.H., Li, Z., Li, F.L., Xia, X.X., Wang, P. 2024. Chemically mediated plant–plant interactions: Allelopathy and allelobiosis. Plants, 13(5); 626.

Kostina-Bednarz, M., Płonka, J., Barchanska, H. 2023. Allelopathy as a source of bioherbicides: challenges and prospects for sustainable agriculture. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 22(2): 471-504.

Kumar, N., Singh, H., Giri, K., Kumar, A., Joshi, A., Yadav, S., Singh, R., Bisht, S., Kumari, R., Jeena, N., Khairakpam, R. 2024. Physiological and molecular insights into the allelopathic effects on agroecosystems under dormancy. Seed Science Research, 31(4): 249-277.

Berdugo, M., Delgado-Baquerizo, M., Soliveres, S., Hernández-Clemente, R., Zhao, Y., Gaitán, J.J., Maestre, F.T. 2020. Global ecosystem thresholds driven by aridity. Science, 367(6479): 787-790.

Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-Total. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Ser. 5.3. SSSA and ASA, Madison, WI, 1085–1121.

Chaves Lobón, N., González Félix, M., Alías Gallego, J.C. 2023. Comparison of the allelopathic potential of non-native and native species of mediterranean ecosystems. Plants, 12(4); 972.

Chen, C., He, W., Scullion, J., Wilkinson, M. 2025. The Importance of Soil Seed Bank Function in Studies of Grassland Degradation. Diversity, 17(1); 42.

Delgado-Baquerizo, M., Reich, P.B., Trivedi, C., Eldridge, D.J., Abades, S., Alfaro, F. D., Singh, B.K. 2020. Multiple elements of soil biodiversity drive ecosystem functions across biomes. Nature Ecology & Evolution, 4(2): 210-220.

Du, Z., Wang, J., An, H., Zhang, H., Chen, G. 2023. Responses of soil seed banks to drought on a global scale. Science of the Total Environment, 864; 161142.

Erfanzadeh, R., Shayesteh, K., Ghelichnia, H., Petillon, J. 2020. Effect of grazing removal on aboveground vegetation and soil seed bank composition in sub-alpine grasslands of northern Iran. Plant Ecology & Diversity, 13(2): 205-215.

Fabšičová, M., Vymyslický, T., Frei, I., Zdražílková, M., Smetanová, S., Winkler, J., Jiroušek, M. 2024. The importance of soil seed banks for biodiversity restoration in degraded grasslands. Folia Geobotanica, 59(1): 17-37.

Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., ur Rehman, H., Wahid, A., Basra, S.M.A., Siddique, K.H.M. 2019. Seed priming in field crops: potential benefits, adoption and challenges. Crop and Pasture Science, 70(9): 731-771.

Gallandt, E.R., Liebman, M. and Huggins, D.R. 1999. Improving soil quality: implications for weed management. Journal of Crop Production, 2(1): 95-121.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

microorganisms in soil ecosystems. Biology Bulletin Reviews, 9(6): 562-574.

Ranal, M.A., Santana, D.G.D. 2006. How and why to measure the germination process?. Brazilian Journal of Botany, 29: 1-11.

Rhoades, J.D., Manteghi, N.A., Shouse, P.J., Alves, W.J. 1999. Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. Soil Science Society of America Journal, 53(2): 433-439.

Saatkamp, A., Cochrane, A., Commander, L., Guja, L.K., Jimenez-Alfaro, B., Larson, J., Walck, J.L. 2019. A research agenda for seed-trait functional ecology. New Phytologist, 221(4): 1764-1775.

Spadeto, C., Negreiros, D., Pereira, C.C., Nunes, C.A., Guimarães, L.A.D.O.P., Kunz, S.H. Fernandes, G.W. 2024. Facilitation and allelopathy mediate phylogenetic and functional diversity under Atlantic Rainforest trees. Flora, 317: 152552.

Sun, J., Fu, Y., Hu, W., Bo, Y., Nawaz, M., Javed, Q., Khattak, W.A., Akbar, R., Xiaoyan, W., Liu, W., Du, D. 2024. Early allelopathic input and later nutrient addition mediated by litter decomposition of invasive Solidago canadensis affect native plant and facilitate its invasion. Frontiers in Plant Science, 15: 1503203.

Wang, N., He, X., Zhao, F., Wang, D., Jiao, J. 2020. Soil seed bank in different vegetation types in the Loess Plateau region and its role in vegetation restoration. Restoration Ecology, 28: A5-A12.

Wang, X., Wang, J., Zhang, R., Huang, Y., Feng, S., Ma, X., Zhang, Y., Sikdar, A., Roy, R. 2018. Allelopathic effects of aqueous leaf extracts from four shrub species on seed germination and initial growth of Amygdalus pedunculata Pall. Forests, 9(11): 711.

Xu, Y., Chen, X., Ding, L., Kong, C.H. 2023. Allelopathy and allelochemicals in grasslands and forests. Forests, 14(3): 562.

Yazdanshenas, H., Shafeian, E., Nasiri, M., Mousavi, S.A. 2016. Indigenous knowledge on use values of Karvan district plants, Iran. Environment, Development and Sustainability, 18(4): 1217-1238.

Zhang, Z., Liu, Y., Yuan, L., Weber, E., van Kleunen, M. 2021. Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis. Ecology Letters, 24(2): 348-362

changing environmental conditions. Physiology and Molecular Biology of Plants, 30(3): 417-433.

Latif, S., Chiapusio, G., Weston, L.A. 2017. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence. In Advances in botanical research (Vol. 82, pp. 19-54). Academic Press.

Loeppert, R.H., Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Ser. 5.3. SSSA and ASA, Madison, WI, 437–474.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2: 176-177.

McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. SSSA Book Ser. 5.2. SSSA and ASA, Madison, WI, 199–224.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular No. 939, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Othman, S.H., Lazim, Z.S., Al-Wakaa, A.H.A. 2023, December. Allelopathic potential of aqueous plant extracts against seed germination and seedling growth of weeds. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1262, No. 3, p. 032041). IOP Publishing.

Padonou, E.A., Akakpo, B.A., Tchigossou, B., Djossa, B. 2022. Methods of soil seed bank estimation: a literature review proposing further work in Africa. iForest-Biogeosciences and Forestry, 15(2): 121.

Patanè, C., Pellegrino, A., Cosentino, S.L., Testa, G. 2023. Allelopathic effects of *Cannabis sativa* L. aqueous leaf extracts on seed germination and seedling growth in durum wheat and barley. Agronomy, 13(2): 454.

Polyak, Y.M., Sukcharevich, V.I. 2019. Allelopathic interactions between plants and

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]