دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هشتم، شماره شانزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

رابطه خشکه‌دارها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کرم خاکی در توده جنگلی پهن‌برگ آمیخته (مطالعه موردی: جنگل سرچشمه چالوس)

سعید شعبانی[1*]، علی ستاریان[2]

[1] استادیار پژوهشی بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان
[2]دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی و مهندسی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱

چکیده

حفاظت از خشکه‌دارها، اثرات مهمی بر ساختار و بیوشیمی فرآیندهای جاری در زیست‌بوم‌های جنگلی می‌گذارد. برخی از خصوصیات پویایی این درختان در مطالعات موردتوجه قرارگرفته‌اند، اما مطالعه در مورد شدت پوسیدگی و نوع گونه خشکه‌دار، با ویژگی‌های خاک اطراف، کمتر موردتوجه قرارگرفته است. لذا هدف مطالعه حاضر لذا بررسی تأثیر شدت پوسیدگی و نوع گونه‌های خشکه‌دار، بر عناصر معدنی خاک در جنگل‌های منطقه سرچشمه چالوس می‌باشد. بدین منظور، از ترانسکت‌های نواری با عرض ۱۰ متر و فاصله ۸۰ متر از یکدیگر استفاده و مجموعاً ۷۱ خشکه‌دار افتاده شناسایی گردید. بعد از تعیین نوع گونه، پایه‌ها برحسب میزان پوسیدگی در یکی از چهار طبقه پوسیدگی (خشکه‌دار تازه، شروع پوسیدگی، پوسیدگی پیشرفته و پوسیدگی کامل) قرار گرفتند. به‌منظور بررسی ویژگی‌های خاک، نمونه خاک از عمق ۳۰ – ۰ سانتی متر در نزدیک‌ترین نقطه از هر خشکه‌دار برداشت شد. درصد نیتروژن کل، فسفر قابل‌جذب (ppm)، درصد پتاسیم، میزان pH، درصد رطوبت خاک، درصد کربن، C/N و زی‌وزن کرم‌های خاکی (گرم) در این مطالعه بررسی شدند. جهت تعیین رابطه بین خشکه‌دار و مشخصه‌های خاکی موردبررسی، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (*PCA*) و تجزیه واریانس استفاده گردید. نتایج نشان داد رابطه‌ای قوی بین مقادیر کربن و C/N با گونه بلوط وجود داشت. عناصر غذایی خاک به همراه pH و درصد رطوبت، ارتباط معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد با گونه‌های ممرز و توسکا نشان دادند. درصد نیتروژن، فسفر (ppm) و زی‌وزن کرم خاکی (گرم) به ترتیب با مقادیر ۰/۷۶، ۱۵/۵۳ و ۲۶/۶۱، بیشترین سطح را در درجه چهارم پوسیدگی داشتند و دو درجه اول پوسیدگی با یکدیگر اختلافی نداشتند. درصد پتاسیم، pH خاک و درصد رطوبت از درجه اول تا چهارم پوسیدگی افزایش یافته بود. بر مبنای نتایج مطالعه حاضر مبنی بر نقش مهم خشکه‌دارها در غنای خاک جنگل، خشکه‌دارها می‌بایست در هر اکوسیستم طی عملیات‌های جنگلداری مورد حمایت قرار بگیرند تا بهره‌وری خاک حفظ گردد.

* نویسنده مسئول: saeidshabani07@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

واژه‌های کلیدی: **بهره‌وری خاک، تجزیه به مؤلفه اصلی، آماربرداری نواری، درجه پوسیدگی**

مقدمه

در تفکر جنگل‌شناسی و جنگل‌داری نزدیک به طبیعت، سعی بر آن است تا مهم‌ترین مؤلفه‌های جنگل بکر، در محیط‌هایی که با فعالیت‌های انسانی دستخوش تغییرات گردیده است، شبیه‌سازی‌شده و دخالت‌های انسان روی آن مؤلفه به حداقل ممکن برسد (Van Der Meer et al., 1999). این در حالی است که در روش‌های کلاسیک جنگل‌شناسی، توجه خاصی به جایگاه خشکه‌دار در یک زیست‌بوم جنگلی نشده و در بسیاری از موارد، این مؤلفه‌های بسیار مهم از عرصه جنگل‌ها حذف می‌گردد.

خشکه‌دارها، متشکل از درختان خشکیده سرپا، تنه‌های افتاده، اسنگ‌ها و کنده‌ها می‌باشند (Błońska et al., 2017). زادآوری انواع گونه‌های درختی، به وجود خشکه‌دار بستگی دارد. خشکه‌دار، علاوه بر تأمین بستر مناسب جهت رویش انواع بذر، در طول مراحل رویش، از نهال‌های استقراریافته محافظت می‌نماید (Angers et al., 2005). نقش خشکه‌دار در تنوع زیستی، در مطالعات متعددی گزارش گردیده است (Sefidi and Etemad, 2015; Nappi et al., 2015). ایجاد تنوع زیستی به‌وسیله خشکه‌دار، فقط در گیاهان خلاصه نمی‌شود و بر روی تنوع جانوری نیز تأثیرگذار می‌باشد. شاید بتوان این گونه بیان کرد که وجود خشکه‌دار بیش از آن‌که روی گیاهان تأثیرگذار باشد، نقش خود را روی تنوع، حفظ و حمایت از جانوران نمایان ساخته است (Johnston et al., 1994). ازاین‌رو از خشکه‌دار به‌عنوان زیست‌جای[1] نیز نام برده می‌شود (Harmon et al., 1986). وجود انواع جانوران بی‌مهره و مهره‌دار در خشکه‌دار، به‌وضوح نشان‌دهنده توان بالای این مؤلفه ارزشمند در مناطق جنگلی است.

در کنار جایگاه خشکه‌دار در بهبود زادآوری و حفظ تنوع زیستی، خشکه‌دار منبعی مهم، حاوی عناصر و مواد غذایی در اکوسیستم جنگلی محسوب می‌شود. طی فرآیند تجزیه خشکه‌دار، برخی از این عناصر در جو آزاد شده و بخشی از آن ذخیره می‌گردد (Błońska et al., 2017). تنفس، دگرگونی یا تبدیل، قطعه‌قطعه شدن و آبشویی، فرآیندهای اصلی درگیر در تجزیه خشکه‌دارها می‌باشند (Magnússon et al. 2016). میزان عناصر آزادشده، به نوع گونه‌های درختی نیز بستگی دارد. افزایش کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم درنتیجه افزایش درجه پوسیدگی در مطالعات گزارش گردیده است (Meller et al., 2019; Kim et al., 2017). بلونسکا و همکاران (Błońska et al., 2017) نشان دادند که تجمع بسیاری از عناصر غذایی و فعالیت‌های آنزیمی خاک، با نوع خشکه‌دار، گونه درختی و درجه پوسیدگی در ارتباط است.

[1]Biotop

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

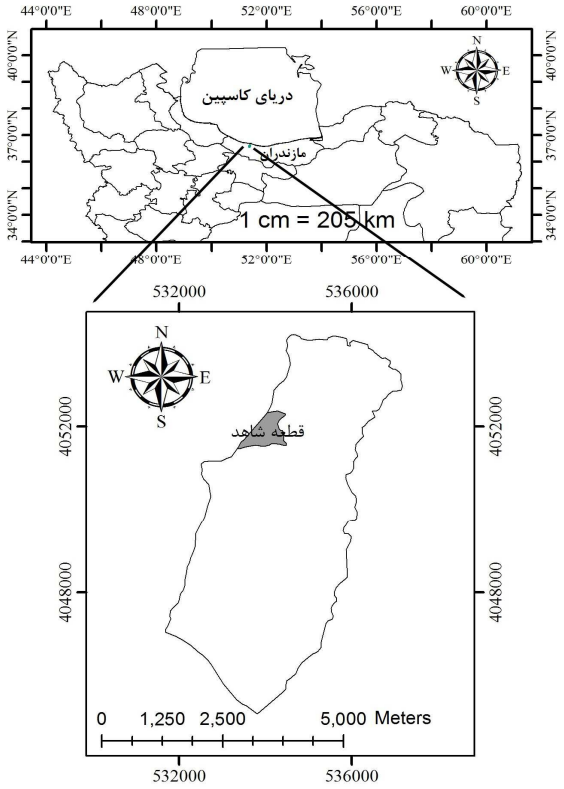
آنچه بیان گردید، جایگاه خشکه‌دار را به‌خوبی نشان می‌دهد. بنابراین شناخت هر چه بیشتر و گسترده‌تر این مؤلفه جهت حفظ و ارتقای مدیریت زیست‌بوم‌های جنگلی امری ضروری و مهم است. تاکنون مطالعاتی که در کشور بر روی خشکه‌دار انجام‌شده، به اثرات ثانوی آن‌ها از قبیل زادآوری و ایجاد تنوع زیستی پرداخته است (سفیدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ علیدادی و همکاران، ۱۳۹۳) و مطالعات در مورد تأثیر خشکه‌دار روی شرایط خاک منطقه بسیار محدود بوده است (کیا لاشکی و شعبانی، ۱۳۸۹). شکل‌گیری خشکه‌دار و مراحل تجزیه آن، فرآیند پیچیده‌ای است که ماحصل آن، تغییر و تفاوت در ویژگی‌های خاک است. شناخت تغییرات ویژگی‌های خاک، یکی از پایه‌های مدیریت اصولی جنگل است، که بسیاری از فعالیت‌های مدیریتی و جنگل‌شناسی ازجمله تعیین حاصلخیزی رویشگاه و نرخ رویش توده، تحت تأثیر آن قرار دارد؛ لذا هدف مطالعه حاضر آن است که تأثیر شدت پوسیدگی و نوع گونه‌های خشکه‌دار را بر عناصر معدنی خاک در جنگل‌های منطقه سرچشمه چالوس موردبررسی قرار دهد. بر مبنای مطالب ذکرشده سؤالات اصلی تحقیق عبارت است از ۱(هر یک از گونه‌های خشکه-دار در عرصه موردبررسی چه اثراتی بر ویژگی‌های خاک ایجاد می‌کنند؟ ۲) با افزایش شدت پوسیدگی خشکه‌دار، مشخصه‌های خاک و زی‌وزن کرم خاکی چه تغییراتی دارد؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه، قطعه شاهد از سری سرچشمه چالوس از حوزه آبخیز کجور می‌باشد که با دامنه ارتفاعی ۴۰۰ تا ۸۰۰ متر و مساحت ۸۷ هکتار در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). متوسط بارندگی سالیانه حوزه آبخیز، ۹۲۰/۱ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نوع سنگ مادر منطقه قهوه‌ای شسته شده با افق آرژیلیک و بافت خاک در بالارسی لومی و در پایین رسی است. همچنین تیپ غالب منطقه بلوط - ممرز با گونه‌های همراه توسکا، شیردار و اوجا می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۹۰).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۱- منطقه موردمطالعه واقع در قطعه شاهد سری سرچشمه شهرستان چالوس

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مشخصه‌های خاک: برای بررسی خشکه‌دار، در ۸۷ هکتار از منطقه موردمطالعه، ۱۴ نوار با عرض ۱۰ متر و فاصله ۸۰ متر از یکدیگر، در راستای شمالی – جنوبی استقرار یافت و ۷۱ خشکه‌دار در مسیر مورد شناسایی قرار گرفت (Aakala et al., 2008). فراوانی گونه‌های مختلف خشکه‌دار، در جدول ۱ ارائه گردیده است. استقرار اولین نوار آماربرداری به‌صورت تصادفی انجام پذیرفت و در ادامه سایر نوارها با فواصل مشخص‌شده در منطقه پیاده شدند. درمجموع طول نوارهای پیاده شده، بیش از ۹۲۷۰ متر بود. ابتدا نوع گونه موردنظر مشخص‌شده و برحسب میزان پوسیدگی دریکی از طبقه‌های چهارگانه پوسیدگی مطابق جدول ۲ قرار گرفت (Sefidi and Etemad, 2015). به‌منظور بررسی خاک، نمونه از عمق صفرتا ۳۰ سانتیمتر در نزدیک‌ترین نقطه از هر خشکه‌دار، برداشت گردید (Spears and Lajtha, 2004) (شکل ۲). درصد نیتروژن کل، فسفر قابل‌جذب (ppm)، درصد پتاسیم، میزان pH، درصد رطوبت خاک، درصد کربن، C/N و زی‌وزن کرم‌های خاکی (گرم) در این

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

مطالعه بررسی شدند. درصد نیتروژن به روش کجدال[1]، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن[2] (ppm)، درصد پتاسیم به روش فلیم فتومتری[3]، اسیدیته خاک با pH متر، درصد کربن به روش والکی بلک[4] اندازه-گیری شد (غازان‌شاهی، ۱۳۸۵). کرم‌های خاکی نیز در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک آن‌ها به گرم اندازه‌گیری گردید (غازان‌شاهی، ۱۳۸۵).

جدول ۱– فراوانی خشکه‌دار هر گونه در منطقه موردبررسی

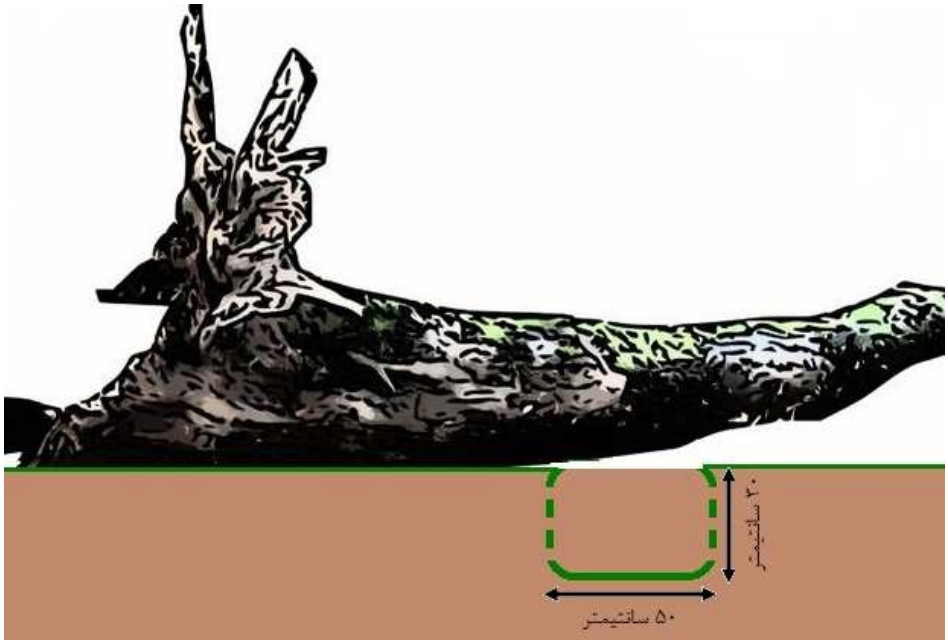
گونه‌ها	بلوط	اوجا	شیردار	توسکا	ممرز
فراوانی خشکه‌دار	۱۲	۱۲	۱۳	۱۵	۱۹

جدول ۲– تعریف هر یک از طبقه‌های پوسیدگی خشکه‌دار

طبقه‌های پوسیدگی	تشریح
اول (خشکه‌دار تازه)	درخت تازه خشک‌شده، برگ و جوانه ندارد و بدون تغییر مشخص در ظاهر و پوست
دوم (شروع پوسیدگی)	تجزیه و پوسیدگی در تنه شروع شده و رنگ چوب عوض شده ولی چوب هنوز سفت است و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن عوض نشده است
سوم (پوسیدگی پیشرفته)	رنگ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی چوب عوض شده است و از شکل اولیه خارج شده است
چهارم (پوسیدگی کامل)	چوب کاملاً پوسیده‌شده که با ضربه خرد می‌شود

[1] Kjeldahl
[2] Olsen
[3] Flam Photometry
[4] Walkley-black

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۲- موقعیت نمونه‌برداری خاک در نزدیک‌ترین نقطه به خشکه‌دار

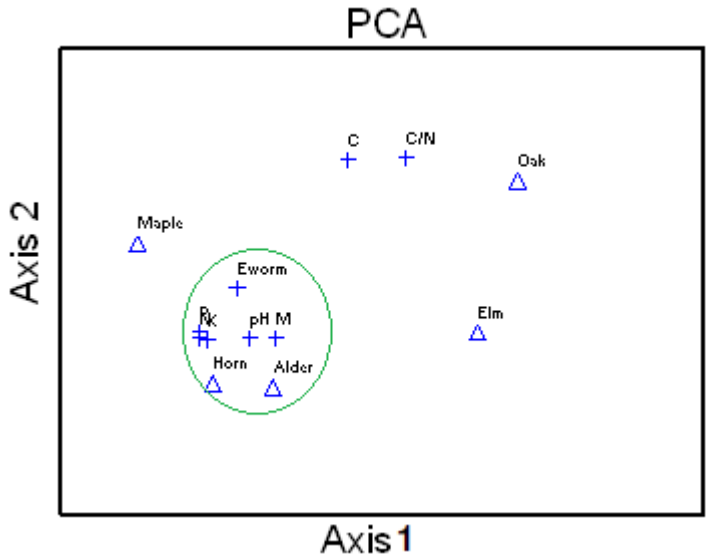
تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت تعیین رابطه بین انواع خشکه‌دار و مشخصه‌های خاکی موردبررسی، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده گردید. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن و همگنی داده‌ها به ترتیب با آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف و لون موردبررسی قرار گرفت. سپس، به‌منظور بررسی اثر عوامل موردمطالعه، از تجزیه واریانس دوطرفه در قالب طرح فاکتوریل استفاده شد. در مواردی که هریک از مدل‌های خطی مورداستفاده، اثر عاملی را معنی‌دار نشان دادند آزمون SNK برای تفکیک تیمارها (نوع گونه و درجه پوسیدگی) مورداستفاده قرار گرفت (Muscolo et al., 2007). در این مطالعه، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار PC–ORD نسخه ۴/۱۷، تجزیه‌وتحلیل آماری به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۵ و ترسیم شکل‌ها با Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام گرفت.

نتایج

مطابق نتایج، از ۷۱ خشکه‌دار افتاده موردمطالعه، گونه ممرز با ۱۹ خشکه‌دار، بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد (جدول ۲). فراوانی خشکه‌دار در درجه‌های مختلف پوسیدگی نیز نشان داد که درجه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

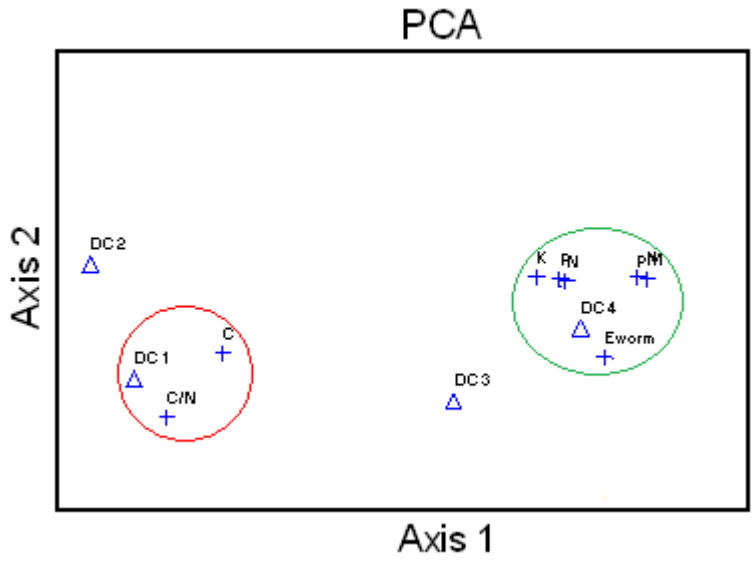


شکل ۳– پراکنش انواع خشکه‌دار و مؤلفه‌های خاکی روی محور PCA (Oak: بلوط، Elm: اوجا، Maple: شیردار، Alder: توسکا، Hornbeam: ممرز)

پوسیدگی چهارم با ۲۲ خشکه‌دار، بیشترین فراوانی را دربرداشت و بعدازآن درجه‌های پوسیدگی سوم، اول و دوم به ترتیب با ۱۸، ۱۶ و ۱۵ خشکه‌دار قرار می‌گرفتند.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد، محور اول ۸۳/۲ و محور دوم ۱۰/۰۱ درصد از تغییرات بین گونه‌های مختلف خشکه‌دار و مشخصه‌های خاک را توجیه می‌نماید (شکل ۳). در این رابطه یافته‌ها مشخص نمود، رابطه‌ای قوی بین مقادیر درصد کربن و نسبت کربن به نیتروژن با خشکه‌دار بلوط وجود داشت. عناصر غذایی خاک به همراه pH و درصد رطوبت نیز با خشکه‌دارهای ممرز و توسکا ارتباط نزدیکی داشتند، به‌طوری‌که می‌توان آن‌ها را به‌صورت یک گروه جدا نمود (شکل ۳). به‌علاوه پراکنش درجه‌های پوسیدگی چهارگانه و مشخصه‌های خاک بر روی دیاگرام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد، دو محور اول و دوم به ترتیب ۸۷/۶۰ و ۱۲/۰۳ درصد از تغییرات را توجیه می‌نمایند که بر این اساس بین درجه پوسیدگی چهارم و مشخصه‌های غذایی خاک همبستگی بالایی وجود داشت (شکل ۴).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۴– پراکنش درجه‌های پوسیدگی و مؤلفه‌های خاکی روی محورهای PCA

تمامی مشخصه‌های خاک به‌استثنای درصد کربن، بین درجه‌های پوسیدگی در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). درصد نیتروژن، فسفر قابل‌جذب (**ppm**) و زی‌وزن کرم خاکی (گرم) به ترتیب با مقادیر ۰/۷۶، ۱۵/۵۳ و ۲۶/۶۱، بیشترین مقدار را در درجه چهارم داشتند و دو درجه اول پوسیدگی با یکدیگر اختلافی نشان ندادند (جدول ۵). درصد پتاسیم، **pH** خاک و درصد رطوبت از درجه اول تا چهارم پوسیدگی افزایش یافته بود. نسبت کربن به نیتروژن نیز با مقادیر ۴۰/۲۸ و ۲۴/۶۴، در اطراف خشکه‌دارهای با درجه پوسیدگی اول و چهارم، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را نشان داد (جدول ۵).

بعلاوه، نتایج اثر متقابل بین نوع گونه و درجه پوسیدگی، نشان‌دهنده آن بود که تنها چهار مشخصه خاک شامل کربن، نیتروژن، **C/N** و فسفر، تغییرات معنی‌دار داشته‌اند (جدول ۳). بر این اساس، کمترین و بیشترین درصد کربن به ترتیب در اطراف خاک ممرز با درجه پوسیدگی اول و بلوط با درجه پوسیدگی چهار و با مقادیر ۱۰/۱۰ و ۲۳/۱۰ مشاهده گردید (جدول ۶). بالاترین درصد نیتروژن، در اطراف خشکه‌دار ممرز با درجه پوسیدگی چهار به مقدار ۰/۹۳ و کمترین آن در اطراف خشکه‌دار ممرز با درجه پوسیدگی اول و به مقدار ۰/۳۸ ثبت شد (جدول ۶). مقدار **C/N** در اطراف ممرز با درجه‌های پوسیدگی سوم و چهارم پایین‌ترین و در خاک اطراف خشکه‌دار بلوط با درجه پوسیدگی دوم و با مقدار ۴۷/۸۵ بالاترین بود (جدول ۶). بعلاوه خاک اطراف خشکه‌دار اوجا با درجه پوسیدگی اول و با مقدار

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

۷/۵۰، کمترین و ممرز با درجه پوسیدگی چهارم با مقدار ۲۰/۴۴، بیشترین مقدار فسفر را در برداشتند (جدول ۶).

جدول ۳– تجزیه واریانس مشخصه‌های خاک در اطراف گونه‌های مختلف و درجه‌های پوسیدگی در سطح احتمال ۵ درصد

مشخصه‌های خاک	تیمارها	F آماری	Sig.
نیتروژن (٪)	نوع گونه	۳۵/۴۹	۰/۰۰
	درجه پوسیدگی	۱۰۲/۳۲	۰/۰۰
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۱۵/۸۵	۰/۰۰
فسفر قابل‌جذب (ppm)	نوع گونه	۳۹/۰۱	۰/۰۰
	درجه پوسیدگی	۱۲۰/۰۶	۰/۰۰
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۲۱/۰۳	۰/۰۰
پتاسیم (٪)	نوع گونه	۶۰/۸۱	۰/۰۰
	درجه پوسیدگی	۲۴۷/۵۹	۰/۰۰
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۱/۵۰	۰/۱۶۳
pH	نوع گونه	۶۶/۱۴	۰/۰۰
	درجه پوسیدگی	۷۲/۴۸	۰/۰۰
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۱/۴۴	۰/۱۸۴
کربن (٪)	نوع گونه	۲۶۵/۲۰	۰/۰۰
	درجه پوسیدگی	۲۷/۸۲	۰/۰۰
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۲/۱۴	۰/۰۳۴
C/N	نوع گونه	۱۶۰/۶۸	۰/۰۰
	درجه پوسیدگی	۳۳/۰۷	۰/۰۰
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۴/۳۵	۰/۰۰
رطوبت (٪)	نوع گونه	۰/۷۴	۰/۵۶۹
	درجه پوسیدگی	۲۴۷/۵۹	۰/۰۰
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۱/۵۰	۰/۱۶۳
زی‌وزن کرم خاکی (گرم)	نوع گونه	۵/۱۰	۰/۰۰۲
	درجه پوسیدگی	۶/۷۴	۰/۰۰۱
	نوع گونه × درجه پوسیدگی	۰/۸۹	۰/۵۶

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۴- مقایسه میانگین SNK در مشخصه‌های خاک بین گونه‌های مختلف در سطح احتمال ۵ درصد

متغیرها	بلوط	اوجا	شیردار	توسکا	ممرز
نیتروژن (٪)	۰/۴۶ (۰/۰۱) c	۰/۴۵ (۰/۰۲) c	۰/۵۹ (۰/۰۴) b	۰/۶۲ (۰/۰۴) b	۰/۸۰ (۰/۰۵) a
فسفر قابل‌جذب (ppm)	۹/۵۳ (۰/۴۷) c	۹/۸۶ (۰/۴۵) c	۹/۸۳ (۰/۴۳) c	۱۱/۵۲ (۰/۶۴) b	۱۶/۵۸ (۱/۱۲) a
پتاسیم (٪)	۹/۱۳ (۰/۸۱) e	۱۱/۱۲ (۱/۳۱) d	۱۲/۸۳ (۱/۱۰) c	۱۴/۷۹ (۱/۰۶) b	۱۶/۳۴ (۰/۷۲) a
pH	۵/۳۹ (۰/۱۲) d	۵/۶۵ (۰/۱) c	۵/۶۷ (۰/۱۱) c	۶/۳ (۰/۱۲) b	۶/۷۳ (۰/۱) a
کربن (٪)	۲۰/۸۵ (۰/۴) a	۱۹/۳۸ (۰/۳۲) b	۱۷/۹۷ (۰/۲۲) c	۱۵/۹۷ (۰/۲۷) d	۱۲/۷۶ (۰/۳۶) e
C/N	۴۵/۹۸ (۰/۸۱) a	۴۳/۰۳ (۱/۵۱) b	۳۲/۰۵ (۲/۲۲) c	۲۶/۸۸ (۱/۷۲) d	۱۷/۰۳ (۱/۰۶) e
رطوبت (٪)	۵۴/۱۰ (۰/۸۱) a	۵۴/۱۴ (۱/۳۱) a	۵۴/۳۳ (۱/۱۰) a	۵۵/۷۰ (۱/۰۶) a	۵۶/۳۴ (۰/۷۲) a
زیوزن کرم خاکی (گرم)	۱/۶۷ (۰/۹۸) e	۲/۸۸ (۱/۸۸) d	۶/۸۰ (۲/۴۷) c	۲۳/۲۷ (۵/۳۴) b	۲۸/۵۳ (۴/۱۳) a

مقادیر ارائه‌شده در جدول به ترتیب نشان‌دهنده میانگین و اشتباه معیار می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین SNK در مشخصه‌های خاک بین درجه‌های پوسیدگی در سطح احتمال ۵ درصد

متغیرها	اول	دوم	سوم	چهارم
نیتروژن (٪)	۰/۴۲ (۰/۰۱) c	۰/۴۳ (۰/۰۱) c	۰/۶۲ (۰/۰۴) b	۰/۷۶ (۰/۰۴) a
فسفر قابل‌جذب (ppm)	۸/۱۹ (۰/۱۴) c	۸/۳۲ (۰/۳۳) c	۱۲/۱۷ (۰/۴۸) b	۱۵/۵۳ (۰/۹۴) a
پتاسیم (٪)	۷/۳۵ (۰/۷۷) d	۹/۰۶ (۰/۵۶) c	۱۳/۳۲ (۰/۵۰) b	۱۷/۳۰ (۰/۴۳) a
pH	۵/۱۹ (۰/۱۶) d	۵/۶۱ (۰/۱۱) c	۶ (۰/۱۳) b	۶/۵۸ (۰/۰۹) a
کربن (٪)	۱۶/۹۳ (۱/۱۲) a	۱۶/۶۵ (۱/۰۵) a	۱۷/۱۶ (۰/۸۳) a	۱۶/۸۶ (۰/۷۰) a
C/N	۴۰/۲۸ (۲/۴۱) a	۳۸/۸۲ (۲/۵۵) a	۳۰/۵۴ (۲/۹۴) b	۲۴/۶۴ (۲/۴۹) c
رطوبت (٪)	۵۰/۱ (۰/۲۲) d	۵۱/۴۵ (۰/۲۵) c	۵۵/۵ (۰/۲۴) b	۵۸/۶۳ (۰/۱۷) a
زی‌وزن کرم خاکی (گرم)	۰ (۰) c	۴/۱۵ (۳/۱۸) c	۱۳/۰۵ (۳/۰۱) b	۲۶/۶۱ (۳/۸۵) a

مقادیر ارائه شده در جدول به ترتیب نشان‌دهنده میانگین و اشتباه معیار می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۶– مقایسه میانگین مشخصه‌های خاک بین اثرهای متقابل مختلف (نوع گونه × درجه پوسیدگی)

نوع گونه × درجه پوسیدگی	کربن (٪)	نیتروژن (٪)	نسبت کربن به نیتروژن	فسفر قابل‌جذب (ppm)
بلوط درجه اول	۱۹/۳۳ (۰/۰۹) bcd	۰/۴۲ (۰/۰۱) jk	۴۵/۷۳ (۱/۱۴) bc	۸/۲۷ (۰/۱۵) defg
بلوط درجه دوم	۲۰/۰۵ (۰/۱۶) bc	۰/۴۲ (۰/۰۱) jk	۴۷/۸۵ (۱/۴۸) a	۷/۸۳ (۱/۰۸) fg
بلوط درجه سوم	۲۱/۰۶ (۰/۶۲) b	۰/۴۷ (۰) g	۴۴/۵۹ (۱/۰۲) bcd	۱۰/۸۲ (۰/۲۵) cde
بلوط درجه چهارم	۲۳/۱۰ (۰) a	۰/۵۱ (۰/۰۳) f	۴۶/۰۲ (۳/۱۲) b	۱۰/۹۰ (۰/۳۸) cde
اوجا درجه اول	۱۸/۲ (۰) cdef	۰/۴۱ (۰) k	۴۴/۳۹ (۰) bcd	۷/۵۰ (۰) g
اوجا درجه دوم	۱۸/۹۵ (۰/۰۵) bcde	۰/۴۴ (۰/۰۱) ij	۴۳/۵۷ (۰/۳۹) cd	۹ (۰/۵) defg
اوجا درجه سوم	۱۹/۵۳ (۰/۲۳) bcd	۰/۴۶ (۰/۰۳) gh	۴۲/۶۱ (۳/۱۰) d	۱۰/۴۷ (۰/۰۹) cdef
اوجا درجه چهارم	۲۰/۱۵ (۱/۰۵) bc	۰/۴۸ (۰/۰۴) g	۴۲/۴۶ (۵/۷۳) d	۱۱ (۰) cde
شیردار درجه اول	۱۷/۱۵ (۰/۰۵) def	۰/۴۴ (۰/۰۱) ij	۳۹ (۱) e	۸/۱۵ (۰/۳۵) efg
شیردار درجه دوم	۱۸/۱۵ (۰/۱۵) cdef	۰/۴۵ (۰/۰۳) hi	۴۰/۵۴ (۳/۰۴) e	۸/۵۰ (۰) defg
شیردار درجه سوم	۱۷/۶۷ (۰/۳۰) cdef	۰/۶۷ (۰/۰۳) d	۲۶/۳۹ (۱/۶۸) g	۱۰/۶۰ (۰/۱۰) cdef
شیردار درجه چهارم	۱۸/۷۰ (۰/۲۶) bcdef	۰/۶۸ (۰/۰۲) d	۲۷/۴۱ (۱/۰۱) g	۱۱/۰۷ (۰/۳۰) cd
توسکا درجه اول	۱۴/۸۰ (۰) gh	۰/۴۱ (۰) k	۳۶/۱۰ (۰) f	۸/۳۰ (۰) defg
توسکا درجه دوم	۱۴/۹۵ (۰/۲۵) gh	۰/۴۳ (۰) ijk	۳۴/۷۷ (۰/۵۸) f	۸/۲۰ (۰) defg
توسکا درجه سوم	۱۶/۲۰ (۰/۳۲) fg	۰/۶۲ (۰/۰۱) e	۲۶/۲۷ (۰/۲۱) g	۱۲/۴۰ (۰/۲۳) c
توسکا درجه چهارم	۱۶/۴۸ (۰/۳۵) efg	۰/۷۴ (۰/۰۱) c	۲۲/۲۴ (۰/۶۲) h	۱۲/۹۶ (۰/۰۹) c
ممرز درجه اول	۱۰/۱۰ (۰) k	۰/۳۸ (۰) l	۲۶/۵۸ (۰) g	۸/۶۰ (۰) defg
ممرز درجه دوم	۱۰/۷۳ (۰/۰۳) ij	۰/۴۳ (۰) ijk	۲۵/۱۶ (۰/۱۷) g	۸/۴۷ (۰/۱۳) defg
ممرز درجه سوم	۱۲/۱۰ (۰/۱۷) i	۰/۸۵ (۰/۰۲) b	۱۴/۲۹ (۰/۳۴) i	۱۵/۳۴ (۰/۲۳) b
ممرز درجه چهارم	۱۳/۹۶ (۰/۲۷) h	۰/۹۳ (۰/۰۲) a	۱۵/۰۲ (۰/۴۰) i	۲۰/۴۴ (۰/۳۲) a

مقادیر ارائه شده در جدول به ترتیب نشان‌دهنده میانگین و اشتباه معیار می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که در نتایج آورده شد، ۷۱ خشکه‌دار در ناحیه جنگلی، موردبررسی قرار گرفت که بیشتر آن‌ها از گونه ممرز بود. ممرز ازجمله گونه‌هایی است که به لحاظ داشتن ریشه‌های سطحی و بینابینی (مروی مهاجر، ۱۳۸۵) احتمال افتادن و حتی ریشه‌کن شدن در آن بیشتر از سایر گونه دیده می‌شود. از طرفی گونه‌ای مثل بلوط که کمترین تعداد خشکه‌دار را تشکیل می‌داد، به لحاظ ویژگی‌های خاص فیزیکی، دارا بودن ریشه‌های عمیق و شاخه‌های قطور، سهم کمی از خشکه‌دارها را تشکیل می‌داد. به نظر می‌رسد بیشتر پایه‌های افتاده بلوط براثر کهولت سن تشکیل‌شده باشد، درحالی‌که سایر گونه‌ها

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

بیشتر براثر وزش باد و ریشه‌کن شدن ایجادشده‌اند. پراکنش خشکه‌دار در گونه‌های توسکا و ممرز برخلاف سایر گونه‌ها بیشتر در طبقه پوسیدگی چهارم (کاملاً پوسیده) بود. شدت پوسیدگی در گونه-های مذکور به صورتی است که مراحل پوسیدگی نسبت به گونه‌های دیگر (به‌ویژه بلوط) سریع‌تر طی می‌شود (Cousins et al., 2015). شدت پوسیدگی در تنه درختان به عوامل مختلفی بستگی دارد. افزایش سرعت پوسیدگی در تنه درختان به میزان بافت‌های زنده، انباشت مواد غذایی، نوع و حالت الیاف، آوندها و بسیاری از عوامل دیگر وابسته است (کیا لاشکی و شعبانی، ۱۳۸۹). ممرز و توسکا از گونه‌هایی هستند که مقادیر زیادی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بافت‌های خود ذخیره می‌نمایند (Motta, 2006; Mboukou et al., 2007). وجود مواد غذایی زیاد سبب می‌شود که تجمع میکروارگانیسم‌ها در بافت‌های خشکه‌دار افزایش یابد (Fortier et al., 2019). وجود میکروارگانیسم، از طرق مختلف سرعت پوسیدگی را افزایش می‌دهد. اول آن‌که تجمع میکروارگانیسم‌ها منجر به افزایش مصرف از بافت‌های مختلف خشکه‌دار می‌گردد (Feng et al., 2018). در وهله دوم فراوانی بالای میکروارگانیسم‌ها، میزان دی‌اکسید کربن را در خشکه‌دار افزایش می‌دهد (Knapp, 2015). دی‌اکسید کربن در تخریب دیواره سلولی نقش بسزایی دارد. ضمن آن‌که دی‌اکسید کربن دمای درون تنه‌های افتاده را افزایش داده و زمینه را برای فعالیت انواع موجودات آماده می‌نماید (Kahl et al., 2015).

باوجوداینکه خشکه‌دارها حجم کمی از هر زیست‌بوم جنگلی را در برگرفته‌اند، اما به علت نقش عمده‌ای که در برگشت مواد ذخیره‌شده به خاک‌دارند، از اهمیت زیادی برخوردار هستند (Wang et al., 2018; Djongmo et al., 2020). کربن به‌عنوان ماده تأمین‌کننده انرژی، جهت سوخت‌وساز در بافت‌های گیاهی شناخته می‌شود (Köster et al., 2015). نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، همبستگی نزدیکی بین خشکه‌دارهای ممرز و توسکا با عناصر غذایی و زی‌وزن کرم‌های خاکی را نشان داد. این رابطه در خشکه‌دارهای با میزان پوسیدگی بالا (درجه چهارم) نیز مشاهده شد. نیتروژن، به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین عناصر غذایی شناخته می‌شود. مطالعات صورت گرفته در جنگل‌های آمریکا نشان داده است که خشکه‌دارها بهترین منبع تثبیت نیتروژن در بستر عرصه‌های جنگلی است (Zhou et al., 2007). دو گونه موردبررسی، از درختان تثبیت‌کننده نیتروژن می‌باشند (Salehi et al., 2007). بدیهی است در ادامه نقش خود به‌عنوان خشکه‌دار، بخش زیادی از نیتروژن درون بافت‌های خود را به طبیعت بازمی‌گردانند. نفوذ نیتروژن به خاک در آخرین مرحله پوسیدگی، به بیشترین میزان خود رسیده بود. در مراحل اولیه پوسیدگی و به علت استحکام زیاد تنه، شستشوی مواد و انتقال آن‌ها با سرعت پایین‌تری انجام می‌شود، ولی در ادامه با سست و تکه‌تکه شدن قطعات چوبی، آزادسازی ازت از بافت‌ها شدت می‌یابد و جذب ازت در خاک نیز بیشتر می‌شود (Kim et al., 2017; Schleppi et al., 2019). این مسئله برای فسفر و پتاسیم نیز تکرار شده است (Meller et al., 2019). اگرچه تمامی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

مناطق نزدیک خشکه‌دارهای توسکا و ممرز، میزان فسفر قابل‌جذب و پتاسیم بیشتری داشتند، لیکن در طبقه پوسیدگی چهارم این مسئله تشدید پیداکرده بود. مطالعات کاستر و همکاران (Köster et al., 2015) به‌خوبی نشان می‌دهد که ارتباط معنی‌داری بین تثبیت نیتروژن و سایر عناصر تغذیه‌ای خاک وجود دارد.

در بررسی حاضر، کمترین میزان pH در نزدیکی خشکه‌دار بلوط مشاهده شد؛ که به خاصیت اسیدی بودن بافت‌های مختلف این‌گونه حین تجزیه برمی‌گردد (Neina, 2019). در اوایل مراحل پوسیدگی، به‌ویژه در مراحل میانی به علت خام بودن مواد آلی و میزان لیگنین بیشتر، هوموس تشکیل یافته حالتی اسیدی دارد که خاک را نیز اسیدی می‌نماید (Neina, 2019)؛ لذا باگذشت زمان و تجزیه بیشتر مواد، شرایط تغییر کرده و از میزان اسیدی بودن کاسته می‌شود که با نتایج بررسی بابر و همکاران (Baber et al., 2016) مطابقت دارد. حضور هر عنصر غذایی، قبل از وجود هر عامل ثانوی دیگر، به میزان رطوبت خاک وابسته است (Piaszczyk et al., 2020). به‌عبارت‌دیگر، کلیه اعمال شیمیایی و بیوشیمیایی خاک در ارتباط با درصد رطوبت خاک قرار دارد (Piaszczyk et al., 2020). متلاشی شدن، آزادسازی عناصر و انرژی درون تنه‌ها بدون میزان رطوبت کافی غیرممکن است (Albanesi et al., 2005). در مراحل اولیه، بافت‌های چوبی حالت زبر و خشن داشته و پتانسیل نگهداری آب در آن‌ها پایین است؛ ولی باگذشت زمان و تبدیل آن‌ها به حالت اسفنجی، ذخیره رطوبت با توان بالاتری انجام می‌گیرد، که منجر به افزایش رطوبت در خاک حاشیه خشکه‌دار می‌گردد (Piaszczyk et al., 2020) که با مطالعات تاکاهاشی و همکاران (Takahashi et al., 2000) در این زمینه مطابقت دارد.

بافت‌های سازنده گونه‌های مختلف، درصدهای مختلفی از کربن را در خود ذخیره می‌نمایند. وجود کربن بیشتر در اطراف خشکه‌دار گونه بلوط که دارای مواد لیگنینی فراوان است، می‌توانست قابل‌تصور باشد. بالا بودن حجم و تراکم مواد آلی تنه بلوط، در این میان نقش عمده‌ای دارد (Lakyda et al., 2019). مونتاگنولی و همکاران (Montagnoli et al., 2019) در مطالعات خود گزارش نموده‌اند که بیشترین مقدار کربن در بین خشکه‌دارها، به تنه و خاک اطراف پایه افتاده بلوط تعلق داشته است. با افزایش تجزیه مواد کربن‌دار در تنه‌های افتاده، خاک با حجم زیادی از مواد حاوی کربن مواجه می‌شود (Zhou et al., 2019). ازاین‌رو، خاک اطراف پایه بلوط، معمولاً از نسبت کربن به نیتروژن بیشتری نسبت به سایرین برخوردار است (Zhou et al., 2019). تغییرات مواد غذایی و عناصر موردبررسی در خاک، بر روی کرم‌های خاکی نیز اثرگذار بوده است. در بررسی حاضر بیشترین زی‌وزن کرم‌های خاکی در اطراف خشکه‌دار ممرز و توسکا و همچنین در پایه‌های با درجه پوسیدگی بیشتر مشاهده شد. جمعیت و زی‌وزن کرم‌های خاکی به‌شدت تحت تأثیر مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن خاک، pH بالاتر،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

میزان C/N پایین‌تر و رطوبت خاک قرار دارد (کوچ، ۱۳۸۶). ضمن این‌که همواره رابطه‌ای دوسویه بین کرم خاکی و تجزیه مواد برقرار است. مطالعات سفیدی و همکاران (Sefidi et al., 2013)، جانسون و همکاران (Jansson et al., 2016) به‌خوبی نشان‌دهنده جایگاه خشکه‌دار در زیست‌بوم‌های جنگلی می‌باشد.

بررسی جایگاه خشکه‌دار، از مهم‌ترین عوامل شناخت پویایی در هر زیست‌بوم جنگلی به‌حساب می‌آید. مطالعه پیش رو به بررسی تأثیر خشکه‌دارهای افتاده بر مشخصه‌های شیمیایی خاک دریکی از مناطق جنگلی شمال کشور پرداخت. علیرغم نقش‌های مثبت حضور خشکه‌دارها بر مشخصه‌های موردبررسی و افزایش حاصلخیزی خاک جنگل، امروزه تنها بخش بسیار کوچکی از خشکه‌دارها (حدود ۱۰ درصد) را در عرصه جنگلی باقی می‌گذارند و مازاد آن‌ها، از عرصه جنگلی خارج می‌شود. بدیهی است با این شرایط، خرد رویشگاه‌های به وجود آمده از شکل‌گیری خشکه‌دار، از سطح جنگل نابود می‌شود. لذا یافته‌های این پژوهش اکیداً به جنگل‌شناسان و نشانه‌گذاران پیشنهاد می‌نماید که علاوه بر کاهش خروج خشکه‌دار از عرصه‌های جنگلی، در انتخاب خشکه‌دارهای مازاد جهت خروج، دقت بیشتری داشته باشند. رعایت این مسئله، به‌ویژه برای خشکه‌دارهای ممرز که عمدتاً از ارزش بالای تجاری برخوردار نیستند بسیار حائز اهمیت است.

منابع

بی‌نام. ۱۳۹۰. طرح جنگل‌داری سرچشمه، حوزه آبخیز شماره ۳۹ مرزن آباد، اداره کل منابع طبیعی نوشهر، ۴۸۵ صفحه.

سفیدی، ک.، مروی مهاجر، م.ر.، زبیری، م.، اعتماد، و. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر خشکه‌دار در استقرار نهال‌های راش و ممرز در جنگل آمیخته راش، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۴): ۳۶۵–۳۷۳.

علیدادی، ف.، مروی‌مهاجر، م.ر.، اعتماد، و.، سفیدی، ک. ۱۳۹۳. پویایی پوسیدگی خشکه‌دارهای راش و ممرز در یک جنگل آمیخته، فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۴): ۶۲۴–۶۳۵.

غازان‌شاهی، ج. ۱۳۸۵. آنالیز خاک و گیاه، انتشارات هما، ۲۷۲ صفحه.

کوچ، ی. ۱۳۸۶. تعیین و تفکیک واحدهای اکولوژیک گیاهی و ارتباط آن‌ها با برخی ویژگی‌های خاک در جنگل‌های پایین‌بند خانیکان چالوس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۱۸ صفحه.

کیا لاشکی، ع.، شعبانی، س. ۱۳۸۹. تأثیر اکولوژیک خشکه‌دارها روی ویژگی‌های خاک در اکوسیستم جنگلی لیره‌سر تنکابن، اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۱ (۲): ۱۲۲–۱۲۹.

مروی مهاجر، م. ۱۳۸۵. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ صفحه.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Aakala, T., Kuuluvainen, T., Gauthier, S., De Grandpre, L. 2008. Standing dead trees and their decay–class dynamics in the northeastern boreal old–growth forests of Quebec, Forest Ecology and Management, 255: 410–420.

Albanesi, E., Gugliotta, O.I., Mercurio, I., Mercurio, R. 2005. Effects of gap size and within–gap position on seedlings establishment in silver fir stands, Society of Silviculture and Forest Ecology, 2(4): 358–366.

Angers, V. A., Messier, C., Beaudet, M., Ledu, A. 2005. Comparing composition and structure in old–growth and harvested (selection and diameter–limit cuts) northern hardwood stands in Quebec, Forest Ecology and Management, 217: 275–293.

Baber, K., Otto, P., Kahl, T., Gossner, M.M., Wirth, C., Gminder, A., Bässler, C. 2016. Disentangling the effects of forest–stand type and dead–wood origin of the early successional stage on the diversity of wood–inhabiting fungi, Forest Ecology and Management, 377: 161–169.

Bagne, K.E., Purcell, K.L., Rotenberry, J.T. 2008. Prescribed fire, snag population dynamics, and avian nest site selection, Forest Ecology and Management, 255: 99–105.

Brunner, A., Kimmins J.P. 2003. Nitrogen fixation in coarse woody debris of *Thuja plicata* and *Tsuga heterophylla* forests on northern Vancouver Island, Canadian Journal of Forest Research, 33: 1670–1682.

Cousins, S.J.M., Battles, J.J., Sanders, J.E., York, R.A. 2015. Decay patterns and carbon density of standing dead trees in California mixed conifer forests, Forest Ecology and Management, 353: 136–147.

Djongmo, AW., Noumi, V.N., Zapfack, L., Madou, C., 2020. Carbon Stocks in Dead Wood Biomass of Savannah Ecosystems in Northern Region Cameroon, Journal of Botany Research, 2 (1): 60–70.

Feng, C., Wang, Z., Zhu, Q., Fu, S., Chen, H.Y., 2018. Rapid increases in fine root biomass and production following cessation of anthropogenic disturbances in degraded forests, Land Degradation & Development, 29: 461–470.

Fortier, J., Truax, B., Gagnon, D., Lambert, F., 2019. Abiotic and biotic factors controlling fine root biomass, carbon and nutrients in closed-canopy hybrid poplar stands on post-agricultural land, Scientific Reports, 9: 6296.

Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K., Cummins, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems, Advances in Ecological Research, 15: 133–302.

Johnston, J. M., Crossley, D. A. 1994. The Significance of Coarse Woody Debris for the Diversity of Soil Mites. General Technical Report SE–94, Athens, 18–20 October, 82–87.

Jonsson, B.G., Ekström, M., Esseen, P.A., Grafström, A., Stahl, G., Westerlund, B. 2016. Dead wood availability in managed Swedish forests – Policy outcomes

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

and implications for biodiversity, Forest Ecology and Management, 376: 174–182.

Kahl, T., Baber, K., Otto, P., Bauhus, J., Wirth, C., 2015. Drivers of CO_2 emission rates from dead wood logs of 13 tree species in the initial decomposition phase, Forests, 6 (7): 2484-2504.

Kim, S., Li, G., Han, S.H., Chang,H., Kim, H-J., Son, Y., 2017. Differential Effects of Coarse Woody Debris on Microbial and Soil Properties in Pinus densiflora Sieb. et Zucc. Forests, Forests, 8 (8): 292.

Knapp, E.E. 2015. Long–term dead wood changes in a Sierra Nevada mixed conifer forest: Habitat and fire hazard implications, Forest Ecology and Management, 339: 87–95.

Köster, K., Metslaid, M., Engelhart, J., Köster, E. 2015. Dead wood basic density, and the concentration of carbon and nitrogen for main tree species in managed hemiboreal forests, Forest Ecology and Management, 354: 35–42.

Lakyda, P., Shvidenko, A., Bilous, A., Myroniuk, V., Matsala, M., Zibtsev, S., Schepaschenko, D., Holiaka, D., Vasylyshyn, R., Lakyda, I., Diachuk, P., Kraxner, F., 2019. Impact of Disturbances on the Carbon Cycle of Forest Ecosystems in Ukrainian Polissya, Forests, 10 (4): 337, 24 pp.

Mboukou – Kimbasta, I., Bernhard – Reversat, F., Loumeto, J., Ngao, J., Lavelle, P. 2007. Understory vegetation, soil structure and soil invertebrates in Congolese eucalypt plantations, with special reference to the invasive plant Chromolaena odorata and earthworm populations, European Journal of Soil Biology, 43: 48–56.

Meller, S., Frossard, E., Luster, J., 2019. Phosphorus Allocation to Leaves of Beech Saplings Reacts to Soil Phosphorus Availability, Frontiers in Plant Science, 10: 744.

Montagnoli, A., Dumroese, R.K., Terzaghi, M., Onelli, E., Scippa, G.S., Chiatante, D., 2019. Seasonality of fine root dynamics and activity of root and shoot vascular cambium in a Quercus ilex L. forest (Italy), Forest Ecology and Management, 2019, 431: 26–34.

Motta, R. 2006. Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the valbona forest reserve management, Forest Ecology and Management, 7: 124–132.

Muscolo, A., Sidari, M., Mercurio, R. 2007. Influence of gap size on organic matter decomposition, microbial biomass and nutrient cycle in Calabrian pine (*Pinus laricio*, Poiret) stands, Forest Ecology and Management, 242: 412–418.

Nappi, A., Drapeau, P., Leduc, A. 2015. How important is dead wood for woodpeckers foraging in eastern North American boreal forests?, Forest Ecology and Management, 346: 10–21.

Neina, D., 2019. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation, Applied and Environmental Soil Science, 5794869, 1–9.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Piaszczyk, W., Lasota, J., Błońska, E., 2020. Effect of Organic Matter Released from Deadwood at Different Decomposition Stages on Physical Properties of Forest Soil, Forests, 11 (1): 24.

Salehi, A., Zahedi Amiri, G.H., Burslem D., Swaine, M.D. 2007. Relationships between Tree Species Composition, Soil Properties and Topographic Factors in a Temperate Deciduous Forest in Northern Iran, Asian Journal of Plant Sciences, 6 (3): 455–462.

Schleppi, P., Körner, C., Klein, T., 2019. Increased Nitrogen availability in the soil under mature *picea abies* trees exposed to elevated co_2 concentrations, Frontiers in Forests and Global Change, 2: 59.

Sefidi K, Esfandiary Darabad F, Azarian M. 2016. Effect of topography on tree species composition and volume of coarse woody debris in an Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) old growth forests, northern Iran, iForest, 9: 658–665.

Sefidi, K., Etemad, V. 2015. Dead wood characteristics influencing macrofungi species abundance and diversity in Caspian natural beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests, Forest Systems, 24 (2): 1–9.

Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Mosandl, R., Copenheaver, C.A. 2013. Coarse and Fine Woody Debris in Mature Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests of Northern Iran, Natural Areas Journal, 33 (3): 248–255.

Spears J.D.H., Lajtha, K. 2004. The imprint of coarse woody debris on soil chemistry in the western Oregon Cascades, Biogeochemistry, 71: 163–175.

Takahashi, M., Sakai, Y., Ootomo, R., Shiozaki, M., 2000. Establishment of tree seedlings and water–soluble nutrients in coarse woody debris in an old–growth *Picea–abies* forest in Hokkaido, northern Japan, Canadian Journal of Forest Research, 30: 1148–1155.

Van Der Meer P.J,. Dignan P., Savenh A.G. 1999. Effect of gap size on seedling establishment, growth and survival at three years in mountain ash (*Eucalyptus regnans*) forest in Victoria. Australia, Forest Ecology and Management, 117: 33–42.

Wang, C., Chen, Z., Brunner, I., Zhang, Z., Zhu, X., Li, J., Yin, H., Guo,W., Zhao, T.-H., Zheng, X., Wang, S., Geng, Z., Shen, S., Jin, D., Li, M-H. 2018. Global patterns of dead fine root stocks in forest ecosystems, Journal of Biogeography, 45: 1378–1394.

Zhou, G., Xu, S., Ciais, P., Manzoni, S., Fang, J., Yu, G., Tang, X., Zhou, P., Wang, W., Yan, J., Wang, G., Ma, K., Li, S., Du, S., Han, S., Ma, Y., Zhang, D., Liu, J., Liu, S., Chu, G., Zhang, Q., Li, Y., Huang, W., Ren, H., Lu, X., Chen, X., 2019. Climate and litter C/N ratio constrain soil organic carbon accumulation, National Science Review, 6 (4), 746–757.

Zhou, L., Dai, L., Gu, H., Zhong, L., 2007. Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem, Journal of Forest Research, 18: 48–54.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]

Yong-Zhong, S., Yu-Lin, C., Jian-Yuan, L., Wen-Zhi, Z., 2005. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China, Catena, 59: 267–278.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-10-30]