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

تغییرات ویژگی‌های شیمیایی خاک در توده‌های بلوط ایرانی با شدت خشکیدگی متفاوت

رضا سلیمانی[1*]، مهدی پورهاشمی[2]

[1] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام
[2] دانشیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۱۱

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی روند برخی از تغییرات شیمیایی خاک در توده‌های خشکیده بلوط در شمال غربی ایلام بود. چهار گروه مطالعاتی شامل شاهد (بدون خشکیدگی)، خشکیدگی خفیف، خشکیدگی متوسط و خشکیدگی شدید بر اساس تعداد درختان و تعداد شاخه‌های خشکیده در واحد سطح خاک انتخاب گردید. سپس در هر گروه، نمونه‌برداری خاک با چهار تکرار انجام گرفت. پس از عملیات نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها، ویژگی‌هایی ازجمله کربنات کلسیم معادل، فسفر، پتاسیم و روی قابل‌استفاده گیاه اندازه‌گیری گردید. آنگاه تجزی‌ه‌وتحلی‌ل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS v.9.2 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. نتایج نشان داد که غلظت کربنات کلسیم معادل در محل‌های بدون خشکیدگی نسبت به محل‌های با خشکیدگی شدید کمتر بود. همچنین با تغییر مکان از بدون خشکیدگی به‌طرف خشکیدگی زیاد، غلظت فسفر قابل‌جذب خاک روند کاهشی داشت. غلظت قابل‌جذب این عنصر غذایی در خاک در جهت شمالی از ۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری در محل بدون خشکیدگی به ۱۳/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید. ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری جهت جنوبی، از ۱۳/۱ سانتی مول مثبت در کیلوگرم در محل بدون خشکیدگی، به ۹/۲۱ سانتی مول مثبت در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید کاهش یافت. تعیین تغییرات ویژگی‌های شیمیایی خاک به‌ویژه ویژگی‌های با اهمیت خاک ازنظر توان تحمل درختان به شرایط نامناسب محیطی ازجمله آهک به‌عنوان عامل منفی و عناصر غذایی مانند پتاسیم و روی به‌عنوان عوامل مثبت می‌تواند در مدیریت بهتر جنگل کمک‌کننده باشد. با توجه به تشدید خشکی درختان در شرایط کاهش نیتروژن، پتاسیم و روی، باید نسبت به حفظ ماده آلی، محلول‌پاشی عنصر روی و مصرف پتاسیم به‌ویژه در نهال‌کاری‌های جدید اقدام نمود.**

*نویسنده مسئول: soleimanir@hotmail.com

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

واژه‌های کلیدی: **خشکیدگی بلوط، جنگل‌های ایلام، عناصر غذایی، ظرفیت تبادل کاتیونی**

مقدمه

جنگل‌های زاگرس در غرب کشور مدتی است که با پدیده خشکیدگی ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر به‌ویژه در مورد گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) مواجه است. ازای‌ن‌رو، اجرای برنامه‌های احیاء و حفاظت ازای‌ن‌گونه در اکوسی‌ستم‌های جنگل‌های غرب کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استقرار و تداوم رشد این درختان متأثر از عوامل محیطی می‌باشد و خاک یکی از عوامل مهم در کنترل پوشش گیاهی محسوب می‌گردد (Demir, 2007; Singh et al., 2013). محققان همواره به دنبال شناخت ارتباط ویژگی‌های خاک با پوشش گیاهی بوده‌اند (Manning et al., 2017). بین خاک و درختان در یک جنگل به‌قدری باهم ارتباط تنگاتنگ وجود دارد که یک مؤلفه را بدون مؤلفه دیگر نمی‌توان مطالعه و بررسی نمود (Dehghanian et al., 2018). مقدار تولید گونه‌های گیاهی به عناصر غذایی خاک وابسته است و این عناصر نیز بر اثر فعالیت‌های مدیریتی و گونه‌ها تغییر می‌کنند (Hinsinger, 1998). تأثی‌ر مثبت جنگل‌کاری‌ها بر خاک عرصه و تأثی‌ر متقابل مواد غذایی مکمل فراهم‌شده بین گونه‌های درختی بررسی‌شده و افزایش محصول چوب به‌علت افزایش مواد غذایی خاک و اثرات متقابل عناصر غذایی نیتروژن و فسفر است (سلیمانی رحی‌م‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). تنش خشکی با بر هم زدن روابط آبی گیاه به‌عنوان یکی از مهم‌تری‌ن و رای‌ج‌تری‌ن تنش‌های محیطی، رشد درختان را با محدودیت روبرو ساخته و بازدهی و باردهی جنگل را در مناطقی که با این پدیده مواجه هستند به‌شدت کاهش می‌دهد (Shakeri & Abtahi, 2018; Finzi et al., 1998). تنش خشکی همچنین باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها به‌ویژه کمبود عناصر غذایی برای گیاه می‌گردد (Garcia-Tejera et al., 2016). مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، ازجمله جریان توده‌ای، انتشار و جذب و انتقال به‌وسی‌له پدیده اسمز، همگی تابع مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه بوده و در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌شود (Borruso et al., 2008; Vitosh et al., 1994). اگرچه برخی از این سیستم‌های انتقالی عناصر، نظیر انتشار، به مقدار رطوبت کمتری جهت جذب عناصر غذایی نیازمند دارند ولی برخی دیگر ازجمله جریان توده‌ای وابسته به مقدار رطوبت می‌باشند (Johnson & Iverson, 2001). در صورت

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

کاهش رطوبت، عناصری که به‌وسیله این جریان انتقال می‌یابند، روند جذب منفی خواهند داشت (Moreno et al., 2007). با تعیین وضعیت ویژگی‌های شیمیایی خاک، ضمن اطلاع از اثرات خشک‌سالی بر خاک منطقه می‌توان بر این پدیده زیست‌محیطی مدیریت مناسبی اعمال کرد (Udeigwe et al., 2016). خشک‌سالی در سال‌های اخیر، مناطقی از کشور ازجمله استان ایلام را تحت تأثیر خود قرار داده که از مهم‌ترین پی‌آمدهای آن، خشکیدگی درختان بلوط بوده است. بنابراین مطالعه تغییرات ویژگی‌های خاک از نیازهای تحقیقاتی در توده‌های بلوط ایرانی رو به زوال محسوب می‌گردد. هدف از اجرای تحقیق حاضر، بررسی تغییرات کربنات کلسیم معادل[1]، عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و ظرفیت تبادل کاتیونی به‌عنوان پایه‌ای برای کمک به اصلاح وضع موجود و همچنین نهال‌کاری‌ها در آینده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای پژوهش، جنگل‌های بلوط در منطقه چوار در شمال غربی استان ایلام بین مختصات جغرافیائی ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۶ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۴۶ دقیقه و ۰۱ ثانیه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۰ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه و ۲۵ ثانیه طول شرقی بود (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا در محدوده ۱۳۷۶ متر تا ۱۴۹۳ متر بود. میانگین میزان بارندگی سالیانه ۵۸۷ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه آن ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. فصل خشک منطقه از اواخر اردیبهشت شروع و تا اواخر مهرماه ادامه دارد. پس از حفر پروفیل، خاک‌ها از رده اینسپتی سول‌ها با توسعه کم تا متوسط و ساختمان دانه‌ای تا متراکم تشخیص داده شدند. پس از بازدیدها و جنگل گردشی‌های متعدد، از بین رویشگاه‌های موجود، محدوده‌ای که دارای شدت‌های مختلفی از خشکیدگی بود انتخاب گردید. سپس با در نظر گرفتن یک ترانسکت پایه و براساس تعداد درختان خشکیده و تعداد شاخه‌های متأثر از خشکی در هکتار، چهار پلات اصلی یک هکتاری جداسازی شد. این پلات‌ها شامل ۱) خشکیدگی شدید (بیش از ۶۰ درصد خشکی تاج) ۲) خشکیدگی متوسط (بین ۳۰ تا ۶۰ درصد خشکی تاج) ۳) خشکیدگی کم (بین ۱۰ تا ۳۰ درصد خشکی تاج) ۴) بدون خشکیدگی (کمتر از ۱۰ درصد خشکیدگی تاج) تا حد امکان تقسیم‌بندی شدند. سپس در هر گروه

[1] TNV=Total Neutralizing Value

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

مطالعاتی (از جهت‌های شمالی، جنوبی، غربی و شرقی)، به‌طور تصادفی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی چهار محل (چهار تکرار) در نظر گرفته‌شده و نمونه‌برداری با تهیه نمونه‌های مرکب از هر عمق در سه عمق صفر تا ۲۵، ۲۵ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری خاک (براساس تشریح نی‌مرخ‌های عمومی خاک) انجام شد. پس از خشک‌کردن خاک، نمونه‌ها، آماده‌سازی و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. ویژگی‌های شیمیایی مورد اندازه‌گی‌ری خاک شامل ارزش خنثی شوندگی کل (کربنات کلسیم معادل) و سه عنصر غذایی شامل فسفر، پتاسیم و روی قابل‌جذب گیاه که در روابط خاک و گیاه و بر روابط آبی در گیاه اثر بیشتری دارند بررسی گردید (Goll et al., 2018; Candan et al., 2018). فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (Olsen et al., 1954)، پتاسیم قابل‌جذب به روش استات آمونیوم یک نرمال و قرائت با شعله سنجی، روی قابل عصاره‌گیری با DTPA با دستگاه جذب اتمی و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جایگزینی کاتیون‌ها با استات سدیم (Page et al., 1982) اندازه‌گیری گردیدند. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از برنامهSAS v 9.2 تجزیه آماری شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. تجزیه واریانس داده‌های کربنات کلسیم معادل، فسفر، پتاسیم و روی قابل‌جذب نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه خشکیدگی در عمق در جهت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در استان ایلام

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

ارزش خنثی‌کنندگی کل (کربنات کلسیم معادل)

بیشترین غلظت کربنات کلسیم در جهت جنوبی محل‌های با خشکیدگی شدید مشاهده بود (جدول ۲). همچنین کمترین غلظت کربنات کلسیم مربوط به عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری محل بدون خشکیدگی در جهت شمالی بود بطوری‌کربنات کلسیم خاک که از ۱۹ درصد در شرایط بدون خشکیدگی به ۲۶/۸ درصد در محل با خشکیدگی شدید افزایش یافت. همچنین این شاخص در جهت جنوبی، در عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری از ۳۰/۳ درصد در محل بدون خشکیدگی به ۳۵/۴ درصد در محل با خشکیدگی شدید افزایش و در حالت کلی در این جهت، از ۲۶/۷ درصد در محل بدون خشکیدگی به ۳۲/۶ درصد در محل با خشکیدگی شدید رسید (جدول ۲). با توجه به برهمکنش منفی بین درصد کربنات کلسیم در خاک با رطوبت قابل‌استفاده، اهمیت تغییرات کربنات کلسیم در خاک برای رشد گیاه مشخص می‌گردد (Meibner et al., 2014). همچنین با افزایش درصد کربنات کلسیم از قابلیت جذب برخی از عناصر ازجمله عناصر کم‌مصرف (روی، آهن و منگنز) کاسته می‌شود (Najafi-Ghiri et al., 2013).

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

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های ارزش خنثی‌کنندگی کل (کربنات کلسیم معادل)، برخی از عناصر غذایی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	CCE[۱]	نیتروژن کل	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب	روی قابل ج	CEC[۲]
تکرار	۳	۱۰۸^{ns}	۱۷^{ns}	۱/۱۲ ns	۰/۱۰۲^{ns}	۲/۳۱^{ns}	۱/۸۳^{ns}
شدت خشکیدگی	۳	۶۹۷*	۱۱۳**	۳/۰۴ **	۴۱/۳*	۳۲۲*	۱۱/۴**
عمق	۲	۱۰۸۷**	۳۶۲**	۱/۲۶*	۱۹۲/۶*	۱۵۶**	۶/۲۹*
شدت خشکیدگی×عمق	۶	۸۲۶*	۲۲۳*	/۵۰۲ ۰*	۶۵/۶*	۲۱۶*	۴/۵۱*
جهت شیب	۳	۳۸۷**	۲۰۳ *	۴/۷۲ *$^{}$	۲۰۷/۲**	۳۲۴*	۹/۷۸*
شدت خشکیدگی×جهت شیب	۹	۷۸۳*	۳۰۳*	۱/۳۵ *$^{}$	۹۴/۶*	۹۴/۶*	۷/۳۸*
شدت خشکیدگی×عمق×جهت شیب	۱۸	۹۲۱*	۹۴*	/۹۷۸ ۰*	۸۲/۵*	۸۲/۵*	۸/۶۸*
خطای آزمایش	۱۴۱	۱۴/۲	۱۷/۱	۸/۲۹	۱۴/۲	۱۴/۲	۶/۸۸
CV%	-	۱۵/۷	۱۴/۸	۱۷/۱	۱۳/۷	۱۱/۴	۱۶/۳

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد و ns معنی‌دار نیست.

در شرایط خشک‌سالی طولانی‌مدت، تغییرپذیری ویژگی‌های شیمیایی خاک بیشتر می‌شود (Schoenholtz et al., 2000). یکی از ویژگی‌های مهم خاک در جنگل‌های بلوط ایلام تغییرات مقدار کربنات کلسیم (آهک) است. مقدار آهک بر قابلیت استفاده عناصر غذایی اثرگذار است بطوریکه

[۱] ارزش خنثی کنندگی کل (کربنات کلسیم معادل)

۲ ظرفیت تبادل کاتیونی

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

در قابلیت نگهداری فسفر و روی در خاک دخالت داشته و بیشتر محققان اثر منفی آهک را بر قابلیت استفاده این عناصر گزارش کرده‌اند (Zhang & Zwiazek, 2016). این ویژگی‌های خاک همراه با پتاسیم در رابطه گیاه و آب و به‌وی‌ژه باز و بسته شدن روزنه‌های برگ درختان مهم هستند (Sharma, 2001). ازنظر زمین‌شناسی، تشکیلات غالب منطقه موردمطالعه را سنگ‌های آهکی تشکیل می‌دهند. ازنظر خاکشناسی، مواد مادری آهکی تحت تأثیر عوامل خاکساز به افق‌های مختلف تبدیل می‌شوند. در منطقه موردمطالعه، می‌توان گفت که میزان آهک از سطح به عمق خاک زیاد شده است. افزایش کربنات کلسیم به‌دلیل ایجاد شکل‌های کم محلول عناصری ازجمله فسفر و روی (فسفات کلسیم و کربنات روی) باعث کاهش قابلیت استفاده فسفر و روی خاک می‌شود. در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری، این شاخص از ۲۴ درصد در محل بدون خشکیدگی به ۳۰ درصد در محل با خشکیدگی شدید رسید. با کاهش بارندگی و تجمع ترکیبات کلسیمی در افق‌های زیرسطحی، زمینه برای تشکیل افق کلسیک آماده خواهد شد که این مسئله خود باعث کندی ریشه‌دوانی و اختلال در هدایت آبی می‌گردد (Quirantes et al., 2016). محمدی سمانی و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند که تی‌پ‌های گیاهان ازنظر مقدار آهک از هم تفکی‌ک‌شده و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند. دو تیپ ویول-برو و ویول-بنه همراه گلابی نسبت به تی‌پ‌های برو-زالزالک و برو-کیکم حساسیت بی‌ش‌تری نسبت به آهک داشته و بیشتر در خاک‌هایی با آهک کم یافت می‌شوند. در خاک‌های آهکی به‌دلیل pH بالای خاک، کاهش قابلیت جذب برخی عناصر غذایی ازجمله فسفر، آهن، روی، مس و منگنز از مهم‌تری‌ن عوامل محدودکننده رشد گیاهان بشمار می‌آید (Dehghanian et al. 2018; Karan et al., 2014).

نیتروژن کل

در مورد نیتروژن کل، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد نیتروژن کل در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری در جهت شمالی به‌ترتیب در محل‌های بدون خشکیدگی و با خشکیدگی خفیف و همچنین در جهت غربی در محل بدون خشکیدگی بیشترین مقدار بود (جدول ۲). کمترین درصد نیتروژن کل (۰/۸۷ درصد) مربوط به عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری محل با خشکیدگی شدید در جهت جنوبی بود. در جهت جنوبی، درصد نیتروژن در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری از ۰/۲۴۶ درصد در شرایط بدون خشکیدگی به ۰/۱۹۷ درصد در محل با خشکیدگی شدید کاهش یافت. همچنین نیتروژن کل در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری از

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

۰/۲۰۶ درصد در محل بدون خشکیدگی به ۰/۱۸۷ درصد در محل با خشکیدگی شدید رسید. درصد نیتروژن در پایی‌ن‌تری‌ن عمق (۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری) در جهت‌های شمالی، شرقی و غربی در محل بدون خشکیدگی نسبت به خشکیدگی شدید تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

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

جدول ۲- تغییرات کربنات کلسیم معادل و نیتروژن کل در توده‌های بلوط ایرانی با شدت خشکیدگی متفاوت

شدت خشکیدگی	جهت شمالی(N)				جهت جنوبی(S)			
	عمق اول	عمق دوم	عمق سوم	**میانگین**	عمق اول	عمق دوم	عمق سوم	**میانگین**
کربنات کلسیم معادل (٪)								
بدون خشکیدگی	۱۹/۳d	۲۴/۰cd	۲۵/۶bc	**۲۳/۳B**	۲۳/۸cd	۲۶/۱bc	۳۰/۲bc	**۲۶/۷B**
خشکیدگی خفیف	۲۲/۰cd	۲۵/۶bc	۲۸/۰bc	**۲۵/۲AB**	۲۵/۰bc	۲۸/۲bc	۳۰/۳bc	**۲۷/۸B**
خشکیدگی متوسط	۲۳/۵cd	۲۷/۴bc	۲۸/۸bc	**۲۶/۶AB**	۲۶/۷bc	۳۰/۰bc	۳۰/۵bc	**۲۹/۱AB**
خشکیدگی شدید	۲۶/۸bc	۳۰/۰bc	۳۳/۱ab	**۳۰/۰A**	۲۹/۱bc	۳۳/۳ab	۳۵/۴a	**۳۲/۶A**
نیتروژن کل (٪)								
بدون خشکیدگی	۰/۲۴۶a	۰/۲۱۴ab	۰/۱۱۶b	**۰/۲۳۶A**	۰/۲۲۲ab	۰/۲۰۶ab	۰/۱۰۵b	**۰/۲۳۶A**
خشکیدگی خفیف	۰/۲۲۵a	۰/۲۰۵ab	۰/۱۱۷b	**۰/۲۲۴A**	۰/۲۱۸ab	۰/۲۰۵ab	۰/۰۹۸b	**۰/۲۲۴A**
خشکیدگی متوسط	۰/۲۱۹ab	۰/۲۰۲ab	۰/۱۱۱b	**۰/۳۲۱AB**	۰/۲۱۰ab	۰/۲۰۱ab	۰/۰۹۱b	**۰/۳۲۱AB**
خشکیدگی شدید	۰/۱۹۷ab	۰/۱۹۵ab	۰/۱۰۷b	**۰/۲۰۷B**	۰/۱۹۷ab	۰/۱۸۷ab	۰/۰۸۷c	**۰/۲۰۷B**

حرف یا حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در هر ستون

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

فسفر قابل‌جذب

در هر عمق با تغییر محل از بدون خشکیدگی به‌طرف خشکیدگی زیاد غلظت فسفر قابل‌جذب روند کاهشی داشت (جدول ۳). همچنین این عنصر غذایی در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری در گروه آماری بالاتری نسبت به سایر عمق‌های موردمطالعه قرار گرفت. در جهت شمالی، فسفر قابل‌جذب از ۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری محل بدون خشکیدگی به ۱۳/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید. این تغییرات در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری بین ۹/۸۸ تا ۸/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و در عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری بین ۶/۸۵ تا ۵/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و در حالت کلی در این جهت از ۱۳/۸ تا ۱۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود. در جهت جنوبی، فسفر قابل‌جذب از ۱۳/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری محل بدون خشکیدگی به ۱۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در همین عمق در محل با خشکیدگی شدید رسید. این تغییرات در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری بین ۹/۱۹ تا ۸/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و در عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری بین ۶/۱۰ تا ۵/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و در حالت کلی در این جهت از ۹/۷۵ تا ۸/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود. فسفر قابل‌جذب در جهت شرقی در حالت کلی از ۹/۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل بدون خشکیدگی به ۷/۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید. این تغییرات در جهت غربی بین ۱۰/۱ تا ۸/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود (جدول ۳). فسفر قابل‌جذب در جهت شرقی در حالت کلی از ۹/۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل بدون خشکیدگی به ۷/۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید. این تغییرات در جهت غربی بین ۱۰/۱ تا ۸/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود. فسفر قابل‌جذب در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری در گروه آماری بالاتری نسبت به سایر عمق‌های موردمطالعه قرار گرفت. تغییرات فسفر قابل‌جذب در منطقه موردمطالعه در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری بین ۹/۸۸ تا ۸/۷۵ میلی-گرم در کیلوگرم و در عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری بین ۶/۸۵ تا ۵/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و در حالت کلی در این جهت از ۱۳/۸ تا ۱۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود (جدول ۳). در محل‌هایی که شدت خشکیدگی بیشتری داشتند فسفر قابل‌جذب کمتری اندازه‌گیری شد. در

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

جهت شمالی، فسفر قابل‌جذب از ۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در عمق صفر تا ۲۵ سانتی-متری محل بدون خشکیدگی به ۱۳/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید.

لی و همکاران (Li et al., 2007) بیان کردند که مقدار فسفر متناسب با کاهش ماده آلی روند کاهشی می‌یابد. ریشه گیاهان و ریزموجودات با ترشح آنزیم اسید فسفاتاز و فیتاز موجب ایجاد ترکیبات آلی و افزایش قابلیت جذب فسفر می‌گردند که در شرایط خشک‌سالی این شرایط افول می‌نماید. فسفر آلی نقش مهمی در چرخه فسفر در خاک داشته و یک منبع بالقوه فسفر برای گیاهان به‌ویژه در خاک‌های آهکی با ظرفیت بالای تثبیت، به شمار می‌رود. با کاهش بارندگی و پراکنش نامناسب آن، فسفر آلی کاهش‌یافته و با مصرف فسفر توسط گیاه، جایگزینی آن در خاک با مشکل مواجه می‌شود (Adams et al., 2018).

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

جدول ۳- تغییرات فسفر و پتاسیم قابل‌جذب خاک در توده‌های بلوط ایرانی با شدت خشکیدگی متفاوت

شدت خشکیدگی	جهت شمالی (N)				جهت جنوبی(S)			
	عمق اول	عمق دوم	عمق سوم	**میانگین**	عمق اول	عمق دوم	عمق سوم	**میانگین**
فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)								
بدون خشکیدگی	۱۸/۱a	۹/۸۸b	۶/۸۵c	**۱۱/۶A**	۱۳/۸a	۹/۱۹b	۶/۱۰c	**۹/۷۵A**
خشکیدگی خفیف	۱۷/۲a	۹/۶۱b	۶/۶۵c	**۱۱/۲A**	۱۳/۰ab	۸/۹۵b	۶/۱۸c	**۹/۴۵A**
خشکیدگی متوسط	۱۶/۳a	۹/۱۹b	۵/۴۳c	**۱۰/۳AB**	۱۱/۷b	۸/۸۵b	۶/۰۳c	**۹/۸۷A**
خشکیدگی شدید	۱۳/۰ab	۸/۷۵b	۵/۱۲c	**۸/۹۶B**	۱۰/۲b	۸/۷۰b	۵/۷۵c	**۸/۲۲A**
پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)								
بدون خشکیدگی	۴۰۲a	۳۸۲ab	۳۸۵ab	**۳۹۰A**	۳۸۵ab	۳۷۸b	۳۷۱b	**۳۷۸A**
خشکیدگی خفیف	۳۹۱ab	۳۹۴ab	۳۸۲ab	**۳۸۹AB**	۳۷۸b	۳۷۰b	۳۶۵b	**۳۷۱AB**
خشکیدگی متوسط	۳۸۰ab	۳۹۰ab	۳۹۰ab	**۳۸۷AB**	۳۷۰b	۳۶۶bc	۳۶۲b	**۳۶۶B**
خشکیدگی شدید	۳۶۱b	۳۸۹ab	۳۷۵ab	**۳۷۵B**	۳۶۵bc	۳۶۰c	۳۵۳bc	**۳۵۹B**

حرف یا حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در هر ستون

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

جدول ۴- تغییرات روی قابل‌جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در توده‌های بلوط ایرانی با شدت خشکیدگی متفاوت

شدت خشکیدگی	جهت شمالی (N)				جهت جنوبی(S)			
	عمق D_{0-25}	عمق D_{25-50}	عمق D_{50-75}	**میانگین**	عمق D_{0-25}	عمق D_{25-50}	عمق D_{50-75}	**میانگین**
روی قابل‌جذب (می‌لی‌گرم بر کیلوگرم)								
بدون خشکیدگی	۲/۰۴a	۱/۵۹b	۱/۱۵b	**۱/۶۰A**	۱/۸۸a	۱/۱۵b	۰/۹۸c	**۱/۴۶A**
خشکیدگی خفیف	۲/۰۱a	۱/۴۶b	۱/۱۱b	**۱/۵۳AB**	۱/۸۲a	۱/۴۸b	۱/۰۱bc	**۱/۴۳A**
خشکیدگی متوسط	۱/۷۳ab	۱/۲۴b	۱/۰۵c	**۱/۳۴AB**	۱/۵۰b	۱/۳۰b	۰/۷۹c	**۱/۲۰B**
خشکیدگی شدید	۱/۵۳b	۱/۱۷b	۰/۹۵c	**۱/۲۲B**	۱/۵۰b	۱/۲۸b	۰/۷۲c	**۱/۱۲B**
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول مثبت بر کیلوگرم)								
بدون خشکیدگی	۱۳/۱a	۱۰/۱ab	۷/۵۱cd	**۱۰/۲A**	۱۰/۲ab	۷/۳۷b	۵/۲۴c	**۷/۶۰A**
خشکیدگی خفیف	۱۱/۸ab	۹/۸۲b	۶/۸۴cd	**۹/۴۹B**	۱۰/۴ab	۷/۲۵b	۵/۱۱c	**۷/۵۹A**
خشکیدگی متوسط	۱۰/۷ab	۹/۱۴bc	۶/۵۵cd	**۸/۷۹B**	۹/۷۴ab	۶/۴۳bc	۴/۶۲cd	**۶/۹۳B**
خشکیدگی شدید	۹/۲۱b	۸/۷۲c	۵/۷۶d	**۷/۸۹C**	۸/۳۵b	۶/۱۱c	۴/۰۳d	**۶/۱۶B**

حرف یا حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در هر ستون

عمق اول = عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری عمق دوم= عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری عمق سوم=عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری

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

پتاسیم قابل‌جذب

مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که پتاسیم قابل‌جذب در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری محل بدون خشکیدگی در بالاترین گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳). همچنین پایین‌ترین گروه آماری مربوط به عمق ۲۵ تا ۵۰ محل با خشکیدگی شدید در جهت جنوبی بود. در جهت شمالی عنصر مذکور در شرایط بدون خشکیدگی با ۲۱ درصد کاهش در محل با خشکیدگی شدید افت کرد. در حالت کلی در جهت شمالی محل بدون خشکیدگی با ۷/۱۴ درصد کاهش در محل با خشکیدگی شدید رسید. (جدول ۳).

در مورد پتاسیم قابل‌جذب خاک، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، تفاوت‌ها در بین محل‌ها و عمق‌های مختلف به‌دلیل سرعت متغیر هوادیدگی در محل‌های مختلف و عمق سطحی آن‌ها نسبت به عمق‌های زیرسطحی می‌باشد (Manning, et al., 2017). در جهت شمالی، پتاسیم قابل‌جذب در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری از ۲۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در شرایط بدون خشکیدگی با ۲۱ درصد کاهش به ۱۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید. در عمق‌های پایی‌ن‌تر، هرچند درصد رس افزایش یافت اما با توجه به بحث هوادیدگی کانی‌ها که در عمق زی‌رسطحی بسیار کمتر از سطح خاک است لذا غلظت پتاسیم قابل‌جذب که بیشتر ناشی از هوادیدگی کانی‌هاست تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای نیافته است (Manning, et al., 2017).

روی قابل‌جذب

میانگین روی قابل‌جذب در تمام جهت‌های مطالعاتی در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری محل‌های بدون خشکیدگی و با خشکیدگی خفیف در گروه آماری بالاتری نسبت به موقعیت‌های دیگر قرار گرفتند (جدول ۴). همچنین پایین‌ترین گروه آماری مربوط به عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری در محل با خشکیدگی شدید در جهت شمالی و در محل‌های با خشکیدگی متوسط و شدید در جهت‌های جنوبی، شرقی و غربی مشاهده شد. در جهت شمالی روی قابل‌جذب در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری از ۲/۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در شرایط بدون خشکیدگی با ۳۳/۳ درصد کاهش به ۱/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید (جدول ۴).

در خاک‌های آهکی درصد تثبیت عناصر ازجمله روی، زیاد است (Ouimet, et al., ۲۰۱۷). نایاک (Nayak, ۲۰۰۰) نیز در مطالعه خود در مورد توزیع عناصر کم‌مصرف نشان داد که در

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

تمام موارد از سطح خاک به‌سمت عمق‌های پایین، غلظت عناصر کم‌مصرف کاهش یافت. عنصر روی در بیشتر فعالیت‌های آنزیمی حیاتی گیاه شرکت داشته و هرچند نیاز به آن‌ها ازنظر کمیت کم است اما نقش بسیار مهمی در رشد و نمو گیاه دارند.

ظرفیت تبادل کاتیونی

مقایسه میانگین‌ها در مورد ظرفیت تبادل کاتیونی نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری در جهت‌های شمالی و شرقی در محل‌های با خشکیدگی شدید بیشترین مقدار بود (جدول ۴). همچنین کمترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی مربوط به عمق ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متری محل با خشکیدگی شدید در جهت جنوبی بود. در جهت شمالی، ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری از ۱۳/۱ سانتی مول مثبت بر کیلوگرم درصد در شرایط بدون خشکیدگی به ۹/۲۱ سانتی مول مثبت بر کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید افزایش یافت. همچنین در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری از ۱۰/۱ سانتی مول مثبت بر کیلوگرم در محل بدون خشکیدگی به ۸/۷۲ سانتی مول مثبت بر کیلوگرم در محل با خشکیدگی شدید رسید. ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری جهت جنوبی، از ۱۰/۲ سانتی مول مثبت بر کیلوگرم در شرایط بدون خشکیدگی به ۸/۳۵ سانتی مول مثبت بر کیلوگرم افزایش یافت (جدول ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

در بین عوامل محیطی، ویژگی‌های خاک نقش مهمی در پراکنش گونه‌های گیاهی دارند Shukla, et al (2006). برخی از این ویژگی‌ها در شرایط خشک‌سالی بیشتر اثرگذار هستند. با کاهش بارندگی و تجمع ترکیبات کلسیمی در افق‌های زی‌رسطحی، زمینه برای تشکیل افق کلسیک فراهم خواهد شد. این مسئله خود باعث کند ریشه‌دوانی و اختلال در هدایت آبی خواهد گردید. علاوه بر اثرات نامطلوب آهک زیاد بر اختلال در رشد ریشه، تغییرات درصد آهک بر قابلیت استفاده عناصر غذایی ازجمله فسفر و روی نیز گزارش‌شده است (Schoenholtz, 2000). در این تحقیق، تغییرات کربنات کلسیم، فسفر، پتاسیم و روی قابل‌جذب موردبررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه سطح رس دارای بار الکتریکی منفی است درنتیجه در مسافت کمی از سطح رس قسمتی از بار منفی توسط کاتیون‌های موجود

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

خنثی‌شده و ایجاد لایه دوگانه می‌نماید .به‌دلیل ماهیت آهکی بودن خاک‌های منطقه و همچنین اثر لایه دوگانه، کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم بیشتر جذب سطحی ذرات خاک شده و بنابراین کاتیون‌های یک ظرفیتی ازجمله پتاسیم، به‌راحتی از سیستم آبشویی می‌شوند. همچنین در خاک‌های با درصد رس پایین، از غلظت پتاسیم قابل‌استفاده کاسته شده و دلیل آن می‌تواند پایین بودن ظرفیت تبادل کاتیونی باشد. منبع عمده پتاسیم خاک، کانی‌های رسی دارای پتاسیم و ازجمله ایلایت‌ها، ورمی کولایت‌ها و اسمکتایت‌ها هستند اما با توجه به نظر شاکری و ابطحی (۲۰۱۸) به‌نظر می‌رسد در مناطق زاگرس میانی بیشتر کانی‌های های پالگورسکایتها باشند که غلظت‌های کمی از پتاسیم را به‌وی‌ژه در شرایط کمبود رطوبت و خشک‌سالی آزاد می‌کنند. پتاسیم، عنصری است که به شکل‌های تبادلی، جذب سطحی شده و محلول برای ریشه درختان قابل‌استفاده بوده و این شکل‌های پتاسیم، تابعی از درجه هوادیدگی کانی‌ها و شدت آبشویی آن‌ها از خاک هستند. تغییرات در عوامل مؤثر بر رهاسازی پتاسیم قابل‌جذب، باعث تغییرات مکانی این عنصر در خاک جنگل می‌گردد. روند غلظت پتاسیم قابل‌جذب خاک در منطقه موردمطالعه از محل با خشکیدگی کم به‌طرف محل با خشکیدگی شدید، کاهشی بود. بدیهی است که خشکیدگی مکانی بلوط اتفاقی نبوده و عوامل بسیار زیادی بر آن مؤثرند که تغییرات مکانی ویژگی‌های شیمیایی خاک، بخشی از این عوامل می‌باشند. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که روند تغییرات غلظت عناصر غذایی، از محل‌های بدون خشکیدگی به‌طرف محل‌های با خشکیدگی شدید، کاهشی بود. ازآنجایی‌که عناصر پتاسیم و روی ازجمله عناصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد که به‌ترتیب در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تشکیل اسید ایندول استیک دخالت داشته و رشد گیاه را تنظیم می‌کند لذا کاهش غلظت آن‌ها در برخی از مناطق در خاک جنگل، بر شدت اثر خشکیدگی می‌افزاید. از نتایج چنین تحقیقاتی می‌تواند در جهت احیاء و اصلاح پوشش گیاهی در منطقه موردمطالعه و مناطق با شرایط مشابه استفاده نمود.

تعیین تغییرات ویژگی‌های شیمیایی خاک به‌ویژه ویژگی‌های با اهمیت خاک ازنظر توان تحمل درختان به شرایط نامناسب محیطی ازجمله آهک به‌عنوان عامل منفی و عناصر غذایی مانند پتاسیم و روی به‌عنوان عوامل مثبت می‌تواند در مدیریت بهتر جنگل کمک‌کننده باشد. با توجه به تشدید خشکی درختان در شرایط کاهش نیتروژن، پتاسیم و روی، باید نسبت به حفظ ماده آلی، محلول‌پاشی عنصر روی و مصرف پتاسیم به‌وی‌ژه در نهال‌کاری‌های جدید اقدام نمود.

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

منابع

سلیمانی رحی‌م‌آبادی، م.، اکبری نیا، م.، کوچ، ی. ۱۳۹۴. مقایسه عناصر غذایی پرمصرف خاک در توده‌های جنگل‌کاری در مرکز بذر جنگلی خزر، آمل. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران. ۳ (۶): ۵۴-۴۶.

محمدی سمانی، ک.، جلیلوند، ح.، صالحی، ع.، شهابی، م.، ریاحی فر، ن.، محبی، ر. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات آهک در چند تیپ پوشش درختی در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: مریوان). همایش ملی ارزیابی اثرات محیط زیستی ایران. تهران. ایران.

Adams, J.L., Tipping, E., Thacker, S.A., Quinton, J.N. 2018. An investigation of the distribution of phosphorus between free and mineral associated soil organic matter, using density fractionation. Plant and soil, 427: 139-148.

Borruso, L., Bani, A., Ventura, M., Panzacchi, P., Antonelli, L., Giammarchi, F., Polo, A., Chandler, K.R., Chappell, N.A. 2008. Influence of individual oak (Quercus robur) trees on saturated hydraulic conductivity. Forest Ecology and Management, 256: 1222-1229.

Boulding, J.R. 2017. Description and sampling of contaminated soils: a field guide. Routledge. CRC Press. USA.

Candan, N., Cakmak, I. Ozturk, L. 2018. Zinc□biofortified seeds improved seedling growth under zinc deficiency and drought stress in durum wheat. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 181:.388-395.

Dehghanian, H., Halajnia, A., Lakzian, A., Astaraei, A.R. 2018. The effect of earthworm and arbuscular mycorrhizal fungi on availability and chemical distribution of Zn, Fe and Mn in a calcareous soil. Applied Soil Ecology, 130: 98-103.

Demir, M. 2007. Impacts, management and functional planning criterion of forest road network system in Turkey. Transportation Research, 41:56-68.

Finzi, A.C., Canham, C.D., Breemen N.V. 1998.Canopy tree-soil interactions within temperate forests: species effects on pH and cations. Journal of Ecology Society of America, 2: 447-454.

Garcia-Tejera, O., Lopez-Bernal, A., Testi, L., Villalobos, F.J. 2016. A soil-plant-atmosphere continuum (SPAC) model for simulating tree transpiration with a soil multi-compartment solution. Plant and Soil, 408:1-19.

Goll, D.S., Joetzjer, E., Huang, M., Ciais, P. 2018. Low phosphorus availability decreases susceptibility of tropical primary productivity to droughts. Geophysical Research Letters, 45: 8231-8240.

Goncalves, W.V., Carmo Vieira, M., Oliveira Carnevali, T., Zarate, N.A.H., Aran, H.D.V.R., Mineli, K.C.S. 2017. Nitrogen and phosphorus fertilization promotes aerial part development and affect nutrient uptake by carobinha of the Brazilian Cerrado. American Journal of Plant Sciences, 8: 3377-3385.

Hinsinger, P. 1998. How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. Advance Agronomy, 64: 225–265.

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

Johnson, C.M., Iverson, L. 2001. Nutrient storage primary and secondry horsts in eastern Amazonia.,Forest Ecology and Management, 231: 59-65.

Karan, A.K., Kar, S., Singh, V.K., Singh, C.V. 2014. Effects of liming and soil moisture regimes on time changes of soil pH, redox potential, availability of native sulphur and micronutrients to rice (Oryza sativa L.) in acid soils. Int J Soil Sci, 9: 1-15.

Kotowska, M.M., Leuschner, C., Triadiati, T., Hertel, D. 2016. Conversion of tropical lowland forest reduces nutrient return through litterfall, and alters nutrient use efficiency and seasonality of net primary production. Oecologia, 180: 601-618.

Li, J., Zhao, C., Zhu, H., Li, Y, Wang, F. 2007. Effect of plant species on shrub fertile island at an Oasis-desert Ecotone in south Juggar Basin, China Journal of Arid Environment, 71: 350-361.

Manning, D.A., Baptista, J., Limon, M.S., Brandt, K. 2017. Testing the ability of plants to access potassium from framework silicate minerals. Science of the total environment, 574: 476-481.

Meibner, M., Kohler, M., Schwendenmann, L., Holscher, D., Dyckmans, J. 2014. Soil water uptake by trees using water stable isotopes (δ 2 H and δ 18 O)− a method test regarding soil moisture, texture and carbonate. Plant and soil, 376: 327-335.

Moreno, G., Obrader, J.J., Garcıa, A. 2007. Impact of evergreen oaks on soil fertility and crop production in intercropped dehesas, Journal of Agricultural Ecosystem and Environment, 119: 270-280.

Najafi-Ghiri, M., Ghasemi-Fasaei, R., Farrokhnejad, E. 2013. Factors affecting micronutrient availability in calcareous soils of Southern Iran. Arid land research and management, 27(3), pp.203-215.

Nayak, D.C., Mukhopodhyay, S., Sarkar, D. 2000. Distribution of some available micronutrients in alluvial soils of arunachal Pradesh in relation to soil characterictics. Journal of Indian Soil Sciety, 48:612-614.

Olsen, S. R., Cole, C.V., Watanabe, F. S., Dean L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. 939. U. S. Gover. Prin Office. Washington DC.

Ouimet, R., Duchesne, L., Moore, J.D. 2017. Response of northern hardwoods to experimental soil acidification and alkalinisation after 20 years. Forest Ecology and Management, 400: 600-606.

Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. 2nd Ed., Amercen Society of Agronomy, Madison, WI., USA.

Quirantes, M., Romero, E., Nogales R. 2016. Nutrient availability in a calcareous soil amended with different types of biomass ash. Communications in soil science and plant analysis, 47:2271-2280.

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

Schoenholtz, S.H., Van Miegroer, H., Burger, J.A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. Forest Ecology and Management, 138:335-356.

Shakeri, S., Abtahi, S.A. 2018. Potassium forms in calcareous soils as affected by clay minerals and soil development in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Southwest Iran. Journal of Arid Land, 10:217-232.

Sharma, A. 2001. Afforestation for reclaiming degraded village common land a case study, Journal of Biomass Bioenergy, 21: 35-42.

Shukla, M.K., Lalb, R., Ebingerc, M., Meyer C. 2006. Physical and chemical properties of soils under some pinon-juniper-oak canopies in a semi-arid ecosystem in New Mexico, Journal of Arid Environment, 66: 673-685.

Singh, V.P., Pal, B., Sharma, V.K. 2013. Response of rice to nitrogen and zinc application irrigated with saline water, Environment and Ecology, 31: 344-349.

Udeigwe, T.K., Eichmann, M., Eze, P.N., Ogendi, G.M., Morris, M.N., Riley, M.R. 2016. Copper micronutrient fixation kinetics and interactions with soil constituents in semi-arid alkaline soils. Soil Science and Plant Nutrition, 62 : 289-296.

Vitosh, M.L., Warncke, D.D., Lucase, R.E. 1994. Zinc determine of crop and soil science. Michigan State University Extension, 136: 191- 198.

Zhang, W., Zwiazek, J.J. 2016. Responses of reclamation plants to high root zone pH: effects of phosphorus and calcium availability. Journal of environmental quality, 45:1652-1662.

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