نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۷ شماره ۴، صفحه ۴۲۴-۴۱۳، (۱۳۹۸)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2020.128116.1870
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1398.27.401.78.4.32.41

تأثیر زوال بر غلظت عناصر شیمیایی چوب درختان زوال‌یافته و سالم بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)

عصمت اوستاخ [۱]، جواد سوسنی [۲*]، علی عبدالخانی [۳] و حامد نقوی [۴]

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
پست الکترونیک: soosani.j@lu.ac.ir
۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱

چکیده

شیمی درختی، علم تجزیه‌وتحلیل عناصر حلقه‌های درختی است که به شناسایی تغییرات بیوشیمیایی یک درخت در واکنش به تغییرات محیطی می‌پردازد. به‌منظور بررسی تغییر غلظت عناصر شیمیایی موجود در چوب درختان زوال‌یافته بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) نسبت به درختان سالم، سه اصله درخت سالم و سه اصله درخت زوال‌یافته در جنگل ملەشبانان شهرستان خرم‌آباد قطع و از هر پایه، یک عدد دیسک تهیه شد. سپس، حلقه‌های رویشی مربوط به ۳۵ سال منتهی به سال قطع هر درخت به‌صورت سه قطعه پنج‌ساله و دو قطعه ده‌ساله برش داده شد. پس از عصاره‌گیری به‌روش هضم مرطوب با استفاده از دستگاه جذب اتمی، غلظت عناصر شیمیایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که غلظت پتاسیم در چوب درختان زوال‌یافته بیشتر از سالم بود، در حالی‌که غلظت کلسیم و مس در چوب درختان سالم بیشتر از زوال‌یافته بود. نسبت غلظت سدیم و کلسیم به پتاسیم در درختان دو جامعه، تفاوت معنی‌داری داشت. همبستگی بین غلظت عناصر و رویش شعاعی درختان سالم معنی‌دار نبود، در حالی‌که در درختان زوال‌یافته بین غلظت عناصر کلسیم و سرب با رویش شعاعی، همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، به‌نظر می‌رسد که از میان عوامل متعدد بروز پدیده زوال، تأثیر عوامل آب‌وهوایی بیشتر باشد.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های زاگرس، پتاسیم، رویش، شیمی درختی، کلسیم.

مقدمه

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان پهناورترین عرصه جنگلی ایران با مساحتی بیش از پنج میلیون هکتار به‌صورت نواری، غرب و جنوب کشور را پوشانده‌اند. جنگل‌های این ناحیه، نقش بسیار ارزنده‌ای در تأمین منابع آب و تعادل اقلیمی کشور ایفا می‌کنند. بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) گونه غالب و معرف این جنگل‌ها است که در سطح این گستره پراکنش دارد (Sagheb Talebi *et al.*, 2014). در سال‌های اخیر، ناحیه رویشی زاگرس با پدیده زوال یا خشکیدگی جنگل مواجه شده و هر روز بر وسعت آن افزوده می‌شود، به‌طوری‌که براساس آخرین آمارها بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳ سطحی معادل ۲۵ درصد از این جنگل‌ها به زوال دچار شده است. پدیده زوال جنگل، مختص ایران نیست و در بسیاری از جنگل‌های دنیا رخ داده

است (Pourhashemi *et al*., 2017). پژوهشگران، عوامل مختلفی ازجمله تغییر اقلیم، آفات، بیماری‌ها و ریزگردها را در ایجاد پدیده زوال جنگل‌های زاگرس مؤثر می‌دانند. از میان فرضیه‌های مطرح‌شده درباره علل زوال جنگل‌های زاگرس، فرضیه تنش خشک‌سالی با توجه به عواملی مانند کاهش بارندگی، زمستان‌هایی با بارش برف کمتر، نامنظم بودن پراکندگی باران و گرم شدن کلی هوا در طی سال‌های اخیر محتمل‌تر از عوامل دیگر است.

به‌دلیل اهمیت ناحیه رویشی زاگرس به‌عنوان یکی از عرصه‌های کلیدی و راهبردی کشور از نظر اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و بوم‌شناختی، پدیده زوال این جنگل‌ها از جنبه‌های مختلفی بررسی شده است. ازجمله می‌توان به پژوهش Attarod و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد که به‌ارزیابی اثر عوامل اقلیمی و تبخیرتعرق بر زوال جنگل‌های زاگرس پرداختند. Pourhashemi و همکاران (۲۰۱۷) پیشینه این پدیده را در ایران و جهان بررسی کردند. Jahanbazy Goujani و همکاران (۲۰۱۸) عناصر سنگین در برگ درختان سالم و زوال‌یافته بلوط ایرانی را بررسی کردند. Najafi Harsini و همکاران (۲۰۱۸) به‌بررسی ارتباط ویژگی‌های چوب‌آغاز درختان بلوط ایرانی و بیماری زوال پرداختند. با این‌حال، یکی از موضوعاتی که تاکنون به‌صورت جدی مورد توجه پژوهشگران حوزه جنگل در ایران واقع نشده است، شیمی‌نگاری حلقه‌های سالانه درختان بلوط متأثر از پدیده زوال است. در طی قرن‌های گذشته، بررسی اطلاعات محیطی موجود در ساختار حلقه‌های تاریخ‌گذاری‌شده درختان سبب پیدایش دانشی به‌نام گاه‌شناسی درختی (Dendrochronology) شد (Fritts, 1976) که به بررسی پاسخ بوم‌سازگان به تغییرات محیطی می‌پردازد. دندروشیمی (Dendrochemistry)، شیمی درخت یا علم تجزیه عناصر حلقه‌های درختی است که یکی از زیرشاخه‌های گاه‌شناسی درختی محسوب می‌شود. این علم به تجزیه‌وتحلیل و تفسیر دقیق شیمی چوب از روی حلقه‌های تاریخ‌گذاری‌شده درختان می‌پردازد (Christophe Balouet *et al*., 2009).

در خصوص مطالعات شیمی درختی در ایران، پژوهش‌هایی درمورد اندام‌های مختلف درختان مانند ریشه، شاخه و برگ‌ها انجام شده است. ازجمله Mozafari و همکاران (۲۰۱۴)، مقدار جذب سرب، کادمیوم و نیکل را در اندام‌های مختلف سرو خمره‌ای و سرو نقره‌ای در شهرک صنعتی البرز استان قزوین مقایسه کردند. در پژوهشی دیگر، Hashemi و Zargham Inanlou (۲۰۱۵) جذب فلز کادمیوم توسط نهال‌های یک‌ساله پلت (*Acer velutinum*) را بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که گونه مورد نظر برای پالایش خاک‌های آلوده به فلز کادمیوم مناسب است. این نوع پژوهش‌ها درمورد حلقه‌های سالانه درختان، مورد توجه پژوهشگران بسیاری در خارج از کشور قرار گرفته که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود: Hristovski و Melovski (۲۰۱۰)، الگوی شعاعی ۱۳ عنصر (N، P، K، Ca، Mg، Fe، Na، Mn، Zn، Cu، Pb، Cd و Co) را در حلقه‌های رویشی درختان راش اروپایی موجود در پارک ملی Mavrovo در مقدونیه شمالی تعیین کردند. رویشگاه مورد مطالعه، یک مکان غیرآلوده بود که تأثیر فاکتورهای اصلی اقلیمی (درجه حرارت و بارندگی) بر آن بررسی شد. برای بیشتر عنصرهای مورد بررسی، بیشترین غلظت در مغز و حلقه‌های بیرونی و کمترین غلظت در قسمت میانی تعیین شد. همچنین، غلظت عناصر سنگین، کم گزارش شد. متوسط درجه حرارت پنج‌ساله با غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، سدیم و روی نیز همبستگی معنی‌دار نشان داد. در پژوهش دیگری، Cui و همکاران (۲۰۱۳) به‌ارزیابی غلظت ۹ عنصر شیمیایی (K، Ca، Mg، Mn، Cu، Zn، Al، Pb و Cd) در دو درخت کاج در چین پرداختند. بررسی آن‌ها با هدف تأثیر تنش‌های محیطی (آلودگی و اقلیم) بر حلقه‌های سالانه انجام شد. نتیجه پژوهش مذکور حاکی از ارتباط معنی‌دار اقلیم و غلظت عناصر در حلقه درختان بود. پاسخ درختان به تنش‌های خشکی ممتد، ضعف فیزیولوژی ناشی از این تنش‌ها و ایجاد زمینه برای طغیان آفات به‌صورت افزایش و کاهش برخی عناصر در بافت‌ها و اندام‌های آن‌ها خواهد بود (Mehdi Karami, 2019). شرایط نامناسب حاکم بر درختان در هنگام تنش باعث کاهش قطر آوندهای درختان متأثر از زوال می‌شود (Najafi Harsini *et al*., 2018). ازاین‌رو درختان برای جبران

کاهش قطر آوندها و افزایش توان اسمزی خود، پتاسیم بیشتری جذب می‌کنند (Rawat *et al*., 2016).

پژوهش پیش‌رو با هدف اندازه‌گیری غلظت عناصر معدنی موجود در حلقه‌های رویشی درختان سالم و زوال‌یافته بلوط ایرانی و ارزیابی تغییر غلظت عناصر مورد مطالعه در درختان زوال‌یافته نسبت به درختان سالم در رویشگاه ملەشبانان در حوالی شهرستان خرم‌آباد انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در بخشی از جنگل‌های منطقه شوراب استان لرستان در نزدیکی شهر خرم‌آباد به‌نام ملەشبانان انجام شد. این رویشگاه در مختصات جغرافیایی ′۳۰ °۳۳ تا ′۳۲ °۳۳ عرض شمالی، ′۱۰ °۴۸ تا ′۱۲ °۴۸ طول شرقی و ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. پوشش غالب درختی جنگل‌های این منطقه را درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی تشکیل می‌دهند. براساس اندازه‌گیری pH، خاک منطقه قلیایی است.

روش پژوهش

نمونه‌برداری با انتخاب سه اصله درخت سالم با سنین ۴۵، ۴۵ و ۵۱ سال و سه اصله درخت زوال‌یافته (درختانی فاقد علایم حیات) با سنین ۳۸، ۴۴ و ۵۳ سال در ماه‌های آبان و آذر سال ۱۳۹۳ در رویشگاه مورد مطالعه انجام شد (Cui *et al*., 2013). از هر شش درخت، دیسکی در ارتفاع کنده و یا برابر سینه (به‌دلیل محدودیت‌های موجود در قطع) تهیه شد. پس از پردازش دیسک‌های تهیه‌شده، حلقه‌های سالانه براساس آخرین حلقه سالانه که در سال ۱۳۹۳ (سال قطع) تشکیل شده بود، شمارش شد. سپس، تطابق زمانی براساس منحنی‌های رویش و به‌صورت انطباقی انجام شد. درختان زوال‌یافته، درختانی بودند که علایم حیاتشان در آن سال (۱۳۹۳) تمام شده بود؛ یعنی مرده بودند. پس از آن، حلقه‌های رویشی مربوط به ۳۵ سال منتهی به سال قطع هر درخت به‌صورت سه قطعه پنج‌ساله و دو قطعه ده‌ساله (Padilla & Anderson, 2002) ازطرف پوست به‌سمت مغز با استفاده از ذره‌بین و اره‌مویی بریده شد (درمجموع، ۳۰ نمونه). به‌دلیل کم بودن عرض حلقه‌های رویشی و مشکل جداسازی فیزیکی آن‌ها به‌صورت سالانه که باعث افزایش خطا می‌شود و نیز کاهش تعداد نمونه‌ها، حلقه‌ها به‌صورت سالانه بررسی نشدند.

تهیه محلول از نمونه‌های چوب

پس از تفکیک و برش حلقه‌های سالانه، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد در آون خشک شدند. به‌منظور عصاره‌گیری از نمونه‌های چوب پس از پودر کردن آن‌ها، ۱۰۰ میلی‌گرم از ماده خشک به‌روش هضم مرطوب با شش میلی‌لیتر اسید نیتریک (۶۵ درصد) و دو میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن (۳۰ درصد) ترکیب شد. سپس، این ترکیب بر روی هیتر برقی حرارت داده شد تا هضم نمونه در اسید با سرعت بیشتری انجام شود. پس از هضم کامل نمونه و به‌دست آمدن محلولی شفاف، محلول از روی حرارت برداشته شد. سپس، با استفاده از آب دیونیزه، حجم محلول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. درنهایت، با استفاده از دستگاه جذب اتمی، غلظت ۱۱ عنصر (Ca، K، Mg، Fe، Na، Si، Zn، Cu، Pb، Cr و Ni) اندازه‌گیری شد. لازم به توضیح است که روش ذکرشده به‌منظور تهیه محلول برای اندازه‌گیری با دستگاه TXRF انجام شد، اما به‌دلیل نقص فنی دستگاه مذکور، غلظت عناصر با دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (AAS) مدل ۲۴۰Fs AA ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

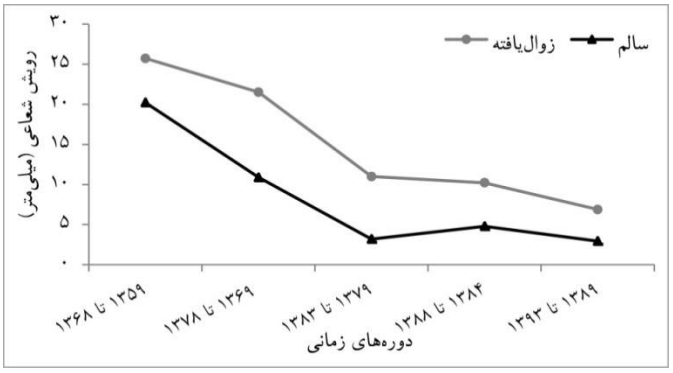
برای ارزیابی نرمال بودن غلظت ۱۱ عنصر در نمونه‌های مورد بررسی در پنج دوره زمانی (۱۳۵۹ تا ۱۳۶۸، ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳، ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳) از آزمون کولموگروف- سمیرنوف استفاده شد. سپس، آزمون T مستقل برای مقایسه غلظت عناصر در حلقه‌های رویشی درختان سالم و زوال‌یافته، مقایسه میانگین رویش شعاعی درختان دو جامعه و نیز مقایسه نسبت غلظت دو عنصر سدیم و

کلسیم به پتاسیم به‌کار برده شد. به‌منظور بررسی ارتباط بین غلظت عناصر و رویش شعاعی درختان از همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج

در شکل ۱ میانگین رویش شعاعی درختان سالم و زوال‌یافته بلوط ایرانی در پنج دوره زمانی مورد بررسی ارائه شده است. جدول ۱ نیز عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین رویش شعاعی درختان دو جامعه را نشان می‌دهد.

آمار توصیفی غلظت عناصر اندازه‌گیری‌شده در چوب درختان مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین، روند تغییر میانگین غلظت عناصر شیمیایی موجود در حلقه‌های سالانه درختان سالم و زوال‌یافته در پنج دوره زمانی مورد نظر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- میانگین رویش شعاعی درختان سالم و زوال‌یافته در پنج دوره زمانی

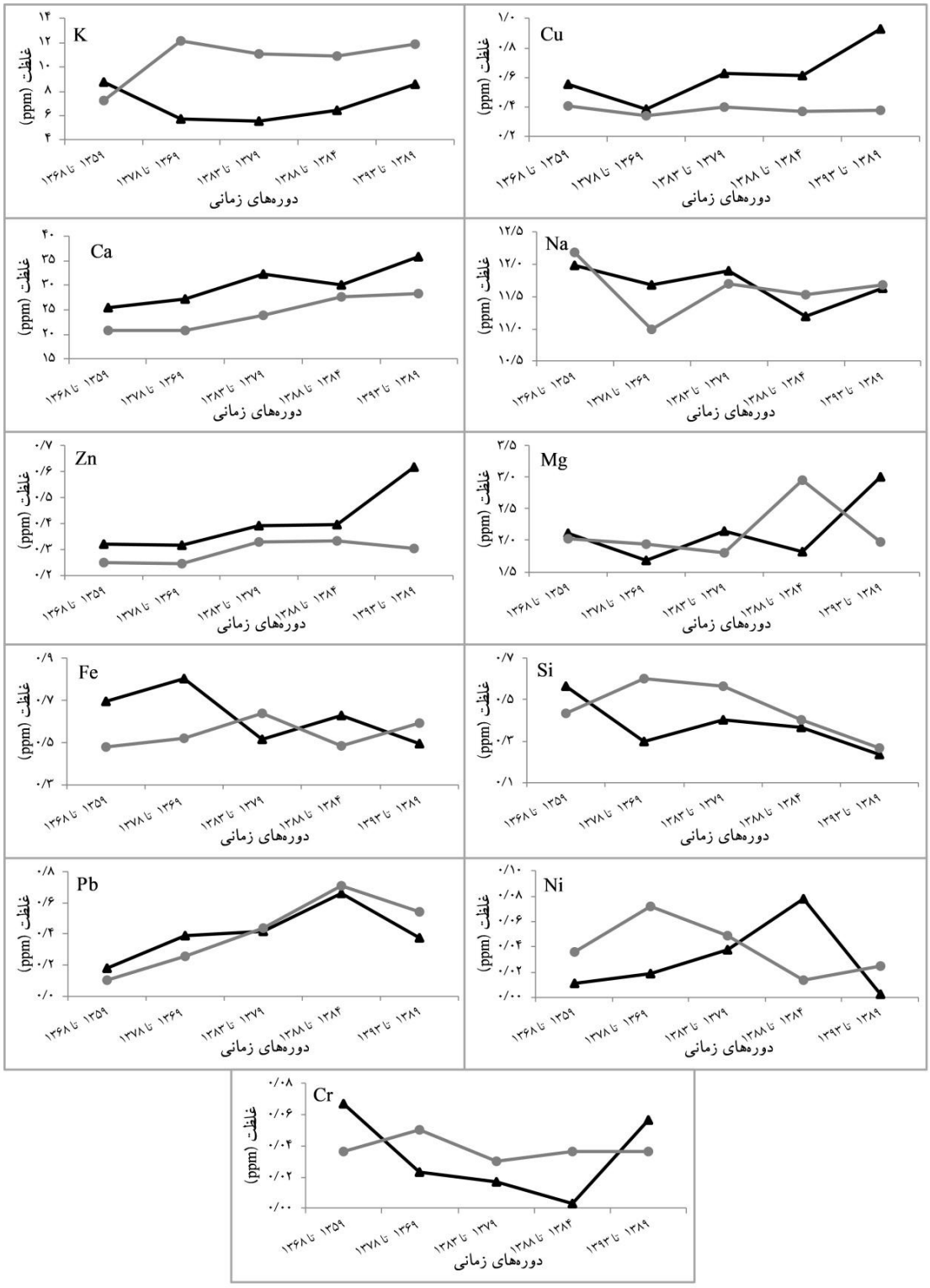
جدول ۱- نتایج آزمون T مستقل بین میانگین رویش شعاعی درختان سالم و زوال‌یافته در دوره‌های مورد بررسی

متغیر	آماره t	درجه آزادی	مقدار ρ	معنی‌داری
میانگین رویش شعاعی	۱/۳۶	۸	۰/۲۱	ns

ns غیرمعنی‌دار

جدول ۲- آمار توصیفی غلظت عناصر اندازه‌گیری‌شده در حلقه‌های سالانه متعلق به درختان مورد مطالعه

متغیر		غلظت عنصر (ppm)										
		K	Ca	Cu	Na	Zn	Mg	Fe	Pb	Ni	Si	Cr
میانگین	سالم	۷/۰۳	۳۰/۱۷	۰/۶۳	۱۱/۶۷	۰/۴۱	۲/۱۵	۰/۶۲	۰/۴	۰/۰۳	۰/۳۷	۰/۰۳
	زوال‌یافته	۱۰/۶۵	۲۴/۳۳	۰/۳۷	۱۱/۶۱	۰/۲۹	۲/۱۳	۰/۵۴	۰/۴	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۰۳
انحراف‌معیار	سالم	۲/۱۵	۵/۶۲	۰/۲۲	۰/۶۲	۰/۱۴	۰/۴۸	۰/۱۵	۰/۳۱	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۰۳
	زوال‌یافته	۳/۹	۶/۲۱	۰/۱۱	۰/۷۳	۰/۰۷	۱/۱	۰/۱۵	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۰۲
کمینه	سالم	۴/۳۱	۲۲/۷۷	۰/۳۷	۱۰/۶۲	۰/۲۲	۱/۶۱	۰/۴۳	۰/۰۴	۰	۰/۱	۰
	زوال‌یافته	۴/۶۱	۱۴/۶۹	۰/۱۸	۱۰/۷۸	۰/۱۵	۱/۱۳	۰/۲۸	۰	۰	۰/۱	۰
بیشینه	سالم	۱۰/۸۳	۴۲	۱/۱۴	۱۳/۳۵	۰/۷۵	۳/۰۳	۰/۸۴	۱/۰۱	۰/۲	۰/۸	۰/۰۸
	زوال‌یافته	۱۸/۱۹	۳۵/۱۳	۰/۵۹	۱۳/۶۶	۰/۴۴	۵/۲۴	۰/۹۱	۱/۱۹	۰/۲۲	۰/۸	۰/۰۹



شکل ۲- میانگین غلظت عناصر در حلقه‌های سالانه درختان نمونه در پنج دوره زمانی مورد بررسی (نمودار با رنگ مشکی، غلظت عناصر در درختان سالم و نمودار با رنگ خاکستری، غلظت عناصر در درختان زوال‌یافته را نشان می‌دهد.)

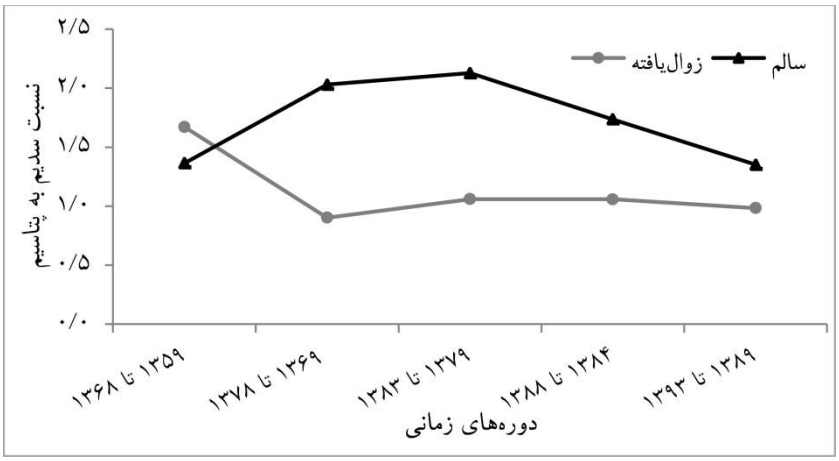
نتایج آزمون T مستقل بین میانگین غلظت عناصر درختان سالم و زوال‌یافته (جدول ۳) نشان داد که غلظت سه عنصر پتاسیم، کلسیم و مس در دو جامعه مورد بررسی با هم تفاوت معنی‌دار داشتند. میانگین غلظت عنصر پتاسیم در حلقه‌های سالانه درختان زوال‌یافته بیشتر از درختان سالم بود، در حالی‌که میانگین بیشتری برای غلظت دو عنصر کلسیم و مس در حلقه‌های سالانه متعلق به درختان سالم نسبت به درختان زوال‌یافته مشاهده شد. همچنین، بین غلظت عناصر دیگر در دو جامعه مذکور، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۳- نتایج آزمون T مستقل بین میانگین غلظت عناصر حلقه‌های رویشی متعلق به درختان سالم و زوال‌یافته

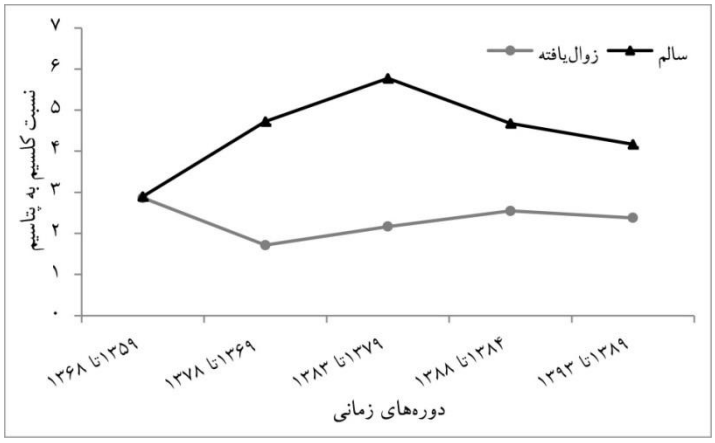
متغیر	عنصر										
	K	Ca	Cu	Na	Zn	Mg	Fe	Pb	Ni	Si	Cr
آماره t	-۳/۲	۲/۳	۲/۷	۰/۲	۱/۹	۰/۰۳	۱/۲	-۰/۰۴	-۰/۵	-۰/۹	-۰/۳
درجه آزادی	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
مقدار p	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۸	۰/۰۸	۰/۹	۰/۲	۰/۹	۰/۵	۰/۳	۰/۷
معنی‌داری	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار

نسبت غلظت عناصر سدیم و کلسیم به پتاسیم در پنج دوره مورد بررسی در شکل‌های ۳ و ۴ و نتیجه آزمون T مستقل بین نسبت‌های ذکرشده در درختان دو جامعه در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج جدول مذکور حاکی از تفاوت معنی‌دار نسبت سدیم و کلسیم به پتاسیم در دو جامعه مورد بررسی بود.



شکل ۳- نسبت سدیم به پتاسیم در حلقه‌های سالانه درختان سالم و زوال‌یافته بلوط ایرانی در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- نسبت کلسیم به پتاسیم در حلقه‌های سالانه درختان سالم و زوال‌یافته بلوط ایرانی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۴- نتایج آزمون T مستقل بین میانگین نسبت دو عنصر سدیم و کلسیم به پتاسیم در حلقه‌های رویشی درختان دو جامعه

متغیر	آماره t	درجه آزادی	مقدار ρ	معنی‌داری
Na/K	۲/۷۶	۸	۰/۰۲	❊
Ca/K	۴/۱۷	۸	۰/۰۰۳	❊

❊ اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

نتایج همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر اندازه‌گیری‌شده و رویش شعاعی حلقه‌های رویشی درختان سالم و زوال‌یافته (جدول‌های ۵ و ۶) نشان داد که همبستگی بین متغیرهای مذکور در درختان سالم معنی‌دار نبود، در حالی‌که در درختان زوال‌یافته بین غلظت دو عنصر کلسیم و سرب و میزان رویش شعاعی، همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت.

جدول ۵- نتایج همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر و رویش شعاعی حلقه‌های رویشی در درختان سالم

متغیر	عنصر										
	K	Ca	Cu	Na	Zn	Mg	Fe	Pb	Ni	Si	Cr
ضریب همبستگی	۰/۴	-۰/۸۶	-۰/۵۳	۰/۴۹	-۰/۶۳	-۰/۳۳	۰/۶۷	-۰/۷	-۰/۳۶	۰/۷۴	۰/۵۴
مقدار ρ	۰/۴۹	۰/۰۵	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۲۵	۰/۵۷	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۳۳
معنی‌داری	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns عدم همبستگی معنی‌دار

جدول ۶- نتایج همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر و رویش شعاعی حلقه‌های رویشی در درختان زوال‌یافته

متغیر	عنصر										
	K	Ca	Cu	Na	Zn	Mg	Fe	Pb	Ni	Si	Cr
ضریب همبستگی	-۰/۶۱	-۰/۹۱	-۰/۰۱	۰/۱۱	-۰/۸۷	-۰/۲۴	-۰/۵۸	-۰/۸۹	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۷
مقدار p	۰/۲۷	۰/۰۲	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۰۵	۰/۶۸	۰/۳	۰/۰۳	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۴۱
معنی‌داری	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

* همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns عدم همبستگی معنی‌دار

بحث

مقایسه منحنی‌های میانگین رویش دو گروه از درختان سالم و زوال‌یافته بلوط ایرانی در منطقه ملەشبانان شهرستان خرم‌آباد نشان داد که رویش در درختان زوال‌یافته مقداری بیشتر از درختان سالم بود، هرچند که تفاوت بین مقدار رویش دو جامعه معنی‌دار نبود (جدول ۱). با این‌حال، این نتیجه با یافته‌های Najafi Harsini و همکاران (۲۰۱۸) که نشان دادند رویش در درختان سالم بلوط ایرانی بیشتر از درختان زوال‌یافته بود، همسو نیست. درخصوص پژوهش‌های شیمی درختی نیز در ابتدا باید گفت که فرض اولیه چنین پژوهش‌هایی این است که ساختار شیمیایی حلقه‌های سالانه، منعکس‌کننده شیمی محیطی هستند که در آن شکل یافته‌اند (Wagner *et al.*, 2012). با توجه به این فرضیه و با نگاهی دقیق به نقش پتاسیم در عملکرد گیاهان، مقدار بیشتر عنصر پتاسیم در حلقه‌های سالانه درختان زوال‌یافته نسبت به درختان سالم (جدول ۳) قابل توجیه است. پتاسیم، عنصری است که نقش‌های بسیار حیاتی در فیزیولوژی گیاهان شامل فعال‌سازی آنزیم‌ها، تعادل الکتروشیمیایی، انتقال در آوندهای چوبی و آبکش، سیگنال‌دهی تنش‌ها و مدیریت آب گیاهان به‌ویژه از طریق تنظیم اسمزی و حفظ تورم سلولی دارد. همچنین، تغذیه مناسب پتاسیم در افزایش تحمل گیاهان در معرض تنش آب تأیید شده است (Erel *et al.*, 2014). گیاه در هنگام مواجه‌شدن با تنش خشکی با بستن سریع روزنه‌ها و آزادسازی بیشتر پتاسیم، تحمل خود را در برابر خشکی افزایش می‌دهد. از این‌رو، در شرایط کمبود پتاسیم، روزنه‌ها قادر به انجام عملکرد صحیح خود یعنی کنترل اتلاف آب گیاه از طریق تعرق نیستند و از دست رفتن آب گیاه سبب بروز خسارت می‌شود (Rawat *et al.*, 2016). شواهد نیز نشان می‌دهند که گیاهانی که از تنش‌های محیطی مانند خشکی رنج می‌برند، به پتاسیم بیشتری نیاز دارند. عوامل تنش‌زا که سبب افزایش نیاز به پتاسیم می‌شوند، از طریق تشکیل رادیکال‌های فعال اکسیژن باعث آسیب‌های اکسیداتیو به‌ویژه طی فتوسنتز می‌شوند. به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش نیاز به پتاسیم در گیاهان متأثر از تنش‌های محیطی این واقعیت است که گیاهان برای تثبیت دی‌اکسید کربن در فرایند فتوسنتز به این عنصر نیاز دارند. افزایش تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاهان تحت تنش خشکی به‌خوبی شناخته شده است که به اختلال در فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات ارتباط دارد. افزایش شدت خشکی باعث افزایش تقاضای پتاسیم برای حفظ فتوسنتز و حفاظت از کلروپلاست‌ها در برابر صدمات اکسیداتیو می‌شود (Cakmak, 2005). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که افزایش سطح پتاسیم، مقاومت بیشتری نسبت به بیماری‌ها به‌وجود می‌آورد. اگرچه این مکانیسم‌ها، به‌طور کامل قابل درک نیستند، اما این مقاومت را می‌توان به افزایش انرژی و ضخامت دیواره اپیدرمی گیاه نسبت داد (Holzmueller *et al.*, 2007). در رویشگاه مورد مطالعه نیز درختان زوال‌یافته برای مقابله با کمبود آب و تنظیم فشار اسمزی با ایجاد مکانیسم افزایش یون‌های پتاسیم درون سلول‌ها و آوندهای

خود در برابر تنش مقاومت کردند، اما به‌علت بروز عوامل ثانویه مانند آفات و بیماری‌ها، توان مقاومت در برابر خشکی را از دست داده و به زوال دچار شدند. رابطه دو عنصر سدیم و پتاسیم از نوع آنتاگونیستی است (Erel *et al*., 2014)؛ یعنی جذب یکی مانع جذب دیگری می‌شود. نسبت سدیم به پتاسیم در درختان سالم بیشتر از این نسبت در درختان زوال‌یافته بود، زیرا جذب بیشتر پتاسیم در درختان متأثر از زوال، مانع از جذب سدیم می‌شود. همچنین، کمتر بودن این نسبت در گیاهان نشان‌دهنده مقاومت در برابر خشک‌سالی است. در میان عناصر غذایی مختلف، کلسیم نیز جایگاه ویژه‌ای برای گیاهان دارد. این عنصر به‌عنوان تنظیم‌کننده مهم در بسیاری از فرایندهای مرتبط با رشد و واکنش به تنش‌های محیطی ازجمله عملکرد روزنه‌ها، تقسیم سلولی، سنتز دیواره سلولی، عملکردهای سیگنال‌دهی در دفاع از گیاه، اصلاح تنش‌های زیستی و غیرزیستی و نیز شیمی ساختاری و عملکرد بافت‌های چوبی عمل می‌کند. کلسیم از طریق ریشه‌های ظریف و به‌صورت انحصاری توسط جریان تعرق به‌سمت بالا حرکت می‌کند (Lautner & Fromm, 2010). فرایند تعرق نیز به‌طور عمده توسط برگ‌ها انجام می‌شود. این فرایند در درختان سالم رویشگاه مورد مطالعه به‌دلیل وجود شاخه‌های پربرگ و سالم در مقایسه با درختان خشکیده، سرعت بیشتری داشت. درنتیجه، جریان مواد و به‌ویژه کلسیم در آوندهای چوبی به‌طور مناسب‌تری انجام شده و کلسیم بیشتری در حلقه‌های سالانه این درختان ذخیره می‌شد. به‌دلیل جذب یون‌های کلسیم بیشتر و پتاسیم کمتر در درختان سالم، نسبت کلسیم به پتاسیم در این درختان بیشتر از این نسبت در درختان خشکیده بود (شکل ۴).

براساس شکل ۲ و جدول ۳، غلظت عنصر مس در حلقه‌های سالانه متعلق به درختان سالم بیشتر بود. مس از عناصر غذایی ضروری برای رشد و یکی از اجزای تشکیل‌دهنده پروتئین کلروپلاست یعنی پلاستوسیانین است. همچنین، این عنصر بخشی از زنجیره انتقال الکترون را تشکیل می‌دهد که دو سیستم فتوشیمیایی فتوسنتز را به‌هم مرتبط می‌سازد (Mohasseli, 2004). مس، یک کوفاکتور برای بسیاری از آنزیم‌ها است (da Silva *et al*., 2011). پروتئین‌های حاوی مس نقش مهمی در فرایندهایی مانند فتوسنتز، تنفس و ساخت لیگنین ایفا می‌کنند. همچنین، مس همانند عناصر غذایی کم‌مصرف دیگر در مقاومت گیاهان به بیماری‌ها نقش دارد (Mohasseli, 2004). به‌طور معمول، جذب عناصر غذایی و مقدار آب در دسترس ریشه‌های گیاه، ارتباط نزدیکی با هم دارند. روابط آبی، تمام فرایندهای فیزیولوژیک را که با حلالیت و قابل دسترس بودن عناصر غذایی ارتباط دارند، تحت تأثیر قرار می‌دهد (Pirzad *et al*., 2015). اگرچه کمبود ریزمغذی‌ها در نواحی خشک بسیار معمول است، اما هیچ اطلاعات به‌روزی درمورد اثرات خشک‌سالی بر جذب و توزیع مس در گیاهان عالی در دسترس نیست (da Silva *et al*., 2011).

درخصوص همبستگی منفی غلظت دو عنصر کلسیم و سرب با رویش شعاعی درختان زوال‌یافته (جدول ۶) می‌توان گفت که درنتیجه تغییرات آب‌وهوایی طی سال‌های اخیر (کمبود بارش و افزایش درجه حرارت) و همچنین، فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه و قرارگیری درختان خشکیده بر روی شیب رو به آفتاب که خود عاملی برای تشدید کمبود رطوبت در دسترس درختان شده، فرایند جذب و عملکرد یون‌های کلسیم در درختان با مشکل مواجه شده بود. در چنین شرایطی، یون‌های کلسیم تأثیر مثبتی بر تقسیم سلولی، تولید چوب و افزایش رویش شعاعی درخت نخواهند گذاشت. سرب نیز از عناصر غیرضروری برای گیاه و از مهم‌ترین آلاینده‌ها است که حتی در غلظت‌های کم می‌تواند بسیار سمی باشد. وجود سرب بر بخش‌های هوایی گیاهان، فتوسنتز، جذب عناصر غذایی مانند آهن و منگنز و فعالیت آنزیمی، تأثیر منفی دارد (Vojodi Mehrabani *et al*., 2017). نظر به اینکه منطقه مورد مطالعه در معرض آلودگی‌های صنعتی، معدنی، آتش‌فشانی و ترافیک شهری قرار ندارد، وجود این عنصر در حلقه‌های رویشی درختان را می‌توان به آلودگی ناشی از ریزگردها نسبت داد. البته این مسئله به بررسی‌های بیشتری نیازمند است.

به‌طور کلی، به‌منظور برون‌رفت از شرایط ایجادشده تحت تأثیر پدیده زوال جنگل‌های بلوط زاگرس، پژوهش‌های زیادی انجام شده است. نتایج پژوهش پیش‌رو را می‌توان با خشک‌سالی‌های چند سال اخیر در ارتباط دانست. همچنین، از میان عوامل متعدد، تأثیر عوامل آب‌وهوایی در بروز پدیده زوال جنگل‌های زاگرس محتمل‌تر به‌نظر می‌رسد، اما با توجه به اینکه این پژوهش فقط در یک رویشگاه در محدوده زاگرس میانی انجام شد، نتایج آن نمی‌تواند قابل تعمیم به مناطق دیگر باشد. از آنجایی‌که شیمی درختان به‌دلیل عوامل متعددی مانند ژنتیک، ریزاقلیم، فیزیوگرافی و دخالت‌های انسانی ممکن است متفاوت باشد، پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به اطلاعات جامع‌تر و ارائه گزارش دقیق‌تر، پژوهش‌های مشابهی در رویشگاه‌های مختلف استان‌های زاگرسی انجام شده و همبستگی عوامل اصلی اقلیمی (دما و بارش) با غلظت عناصر شیمیایی نیز بررسی شود.

منابع مورد استفاده

- Attarod, P., Sadeghi, S.M.M., Taheri Sarteshnizi, F., Saroyi, S., Abbasian, P., Masihpoor, M., Kordrostami, F. and Dirikvandi, A., 2015. Meteorological parameters and evapotranspiration affecting the Zagros forests decline in Lorestan province. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 13(2): 97-112 (In Persian).
- Cakmak, I., 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4): 521-530.
- Christophe Balouet, J., Smith, K.T., Vroblesky, D. and Oudijk, G., 2009. Use of dendrochronology and dendrochemistry in environmental forensics: Does it meet the Daubert criteria?. Environmental Forensics, 10(4): 268-276.
- Cui, M., He, X., Davi, N., Chen, Z., Zhang, X., Peng, J. and Chen, Wei., 2013. Evidence of century-scale environmental changes: Trace element in tree-ring from Fuling Mausoleum Shenyang, China. Dendrochronologia, 31(1): 1-8.
- da Silva, E.C., Nogueira, R.J.M.C., da Silva, M.A. and de Albuquerque, M.B., 2011. Drought stress and plant nutrition. Plant Stress, 5(1): 32-41.
- Erel, R., Ben-Gal, A., Dag, A., Schwartz, A. and Yermiyahu, U., 2014. Sodium replacement of potassium in physiological processes of olive trees (var. Barnea) as affected by drought. Tree Physiology, 34(10): 1102-1117.
- Fritts, H.C., 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press, London, 582p.
- Hashemi, S.A. and Zargham Inanlou, M., 2015. Biosorption characteristics of cadmium from environment by one-year old seedlings of *Acer velutinum*. Journal of Health in the Field, 3(3): 7-12 (In Persian).
- Holzmueller, E.J., Jose, S. and Jenkins, M.A., 2007. Influence of calcium, potassium, and magnesium on *Cornus florida* L. density and resistance to dogwood anthracnose. Plant Soil, 290: 189-199.
- Hristovski, S. and Melovski, L., 2010. Radial patterns of 13 elements in the tree rings of beech trees from Mavrovo national park, FYROM. Archives of Biological Science, 62(2): 351-361.
- Jahanbazy Goujani, H., Iranmanesh, Y., Talebi, M., Shirmardi, H., Mehnatkesh, A., Pourhashemi, M. and Habibi, M., 2018. Measuring of heavy elements in leaves of healthy and unhealthy Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in Helen area of Chaharmahal and Baktiari province. Forest and Wood Products, 71(1): 71-81 (In Persian).
- Lautner, S. and Fromm, J., 2010. Calcium-dependent physiological processes in trees. Plant Biology, 12(2): 268-274.
- Mehdi Karami, Sh., 2019. Identifying hosts of semi-parasitic plant of *Loranthus* sp. and factors effective in distribution of this plant and effects of this plant on its hosts in middle Zagros forests (Case study: Area Shorab Dareh Nasab, Khorramabad). Ph.D. thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, 130p (In Persian).
- Mohasseli, V., 2004. Effects of different levels of copper on growth and chemical composition of wheat variety Falat Staff. Pajouhesh & Sazandegi, 16(4): 25-31 (In Persian).
- Mozafari, S.T., Mataji, A., Babaei Kafaki, S. and Shirvani, A., 2014. Comparison of lead, cadmium and nickel uptake by different organs of *Thuja orientalis* and *Cupressus arizonica* from Alborz industrial area, Ghazvin province. Renewable Natural Resources Research, 5(1): 67-75 (In Persian).
- Najafi Harsini, F., Oladi, R. and Pourtahmasi., K., 2018. The mutual relationship between early wood vessel features of persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) and tree mortality. Iranian Journal of Forest, 10(2): 167-179 (In Persian).

- Padilla, K.L. and Anderson, K.A., 2002. Trace element concentration in tree-rings biomonitoring centuries of environmental change. Chemosphere, 49(6): 575-585.
- Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S. and Mohammadi, S.A., 2015. Effects of water stress on some nutrients uptake in *Matricaria chamomilla* L. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 106: 1-7 (In Persian).
- Pourhashemi, M., Jahanbazi Goujani, H., Hoseinzadeh, J., Bordbar, S.K., Iranmanesh, Y. and Khodakarami, Y., 2017. The history of oak decline in Zagros forests. Iran Nature, 2(1): 30-37.
- Rawat, J., Sanwal, P. and Saxena, J., 2016. Potassium and its role in sustainable agriculture: 235-253. In: Meena, V.S., Maurya, B.R., Prakash Verma, J. and Meena, R.S. (Eds.). Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture. Springer, New Delhi, 331p.
- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. Forests of Iran: a Treasure from the Past, a Hope for the Future. Springer, 152p.
- Vojodi Mehrabani, L., Valizadeh Kamran, R., Fattahi, N. and Safar-Doost, M., 2017. The effects of lead on growth characteristic and some physiological traits of garden cress (*Lepidium sativum*) under in *vitro* conditions. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 6(1): 85-91 (In Persian).
- Wagner, R.J., Kaye, M.W., Abrams, M.D., Hanson, P.J. and Martin, M., 2012. Tree-ring growth and wood chemistry response to manipulated precipitation variation for tow temperate *Quercus* species. Tree-Ring Research, 68(1): 17-29.

Impact of decline on the concentration of chemical elements in the wood of declined and healthy Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.)

E. Ostakh [1], J. Soosani [2*], A. Abdolkhani [3] and H. Naghavi [4]

1- Ph.D. Student of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: soosani.j@lu.ac.ir
3- Associate Prof., Department of Wood and Paper Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Received: 15.10.2019 Accepted: 11.01.2020

Abstract

Dendrochemistry is the science of analyzing the elements of tree rings that identify the biochemical changes of a tree under environmental changes. In order to investigate the change in the concentration of some of the chemical elements in the wood of declined trees compared to healthy ones, three healthy and declined Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in forests close to Khorramabad were cut and a disk was prepared from each tree. Then the vegetative rings of the last 35 years were cut into three five-years and two 10-years-old cuttings and extracted by the wet digestion method and the concentration chemical elements were measured using the atomic absorption apparatus. The results showed that potassium concentration in the wood of declined trees was higher than healthy ones while calcium and copper concentrations in the wood of healthy trees were less. Also, the ratio of sodium and calcium to potassium concentration in the trees of the two communities was significantly different. Correlation between elemental concentration and radial growth of healthy trees was not significant, whereas in declined trees there was a negative and significant correlation between calcium and lead content and radial growth. According to the results, the effect of climatic factors seems to be the most effective among several factors.

Keywords: Calcium, dendrochemistry, growth, potassium, Zagros forests.