دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله مروری"

مروری بر علل بوم‌شناختی پدیده زوال بلوط در جنگل‌های ایران

مهدی پورهاشمی[۱] و سید محمدمعین صادقی[۲]

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(نویسنده مسوول: pourhashemi@rifr-ac.ir)
۲- دکتری اکولوژی جنگل و جنگل‌شناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۲۰
صفحه: ۱۴۸ تا ۱۶۴

چکیده

در این پژوهش به بررسی کلیه مقالاتی که درباره پدیده زوال بلوط در جنگل‌های ایران به چاپ رسیده است، پرداخته شد. بر این اساس، ۱۱۲ مقاله در ۵۱ نشریه بررسی شد و اطلاعات ارائه‌شده در هر مقاله، تحلیل و درنهایت جمع‌بندی شد. بیشترین سهم مقالات (۸۷ درصد) مربوط به بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) بود. براساس نتایج، بیشترین تمرکز مطالعات درباره آفات و بیماری‌های مسبب زوال درختان بلوط بود. بین ویژگی‌های کمّی درختان و زوال، نتایج متناقض به‌دست آمد. درباره ارتباط زوال با ویژگی‌های توده، تنها نتایج در دو مورد کپه‌ای بودن الگوی پراکنش درختان زوال‌یافته و رابطه مستقیم تراکم درختان با زوال درختان دارای قطعیت بود. درباره ارتباط مشخصه‌های فیزیوگرافی و زوال درختان، یافته‌ها در بیشتر موارد متناقض بود. نتیجه قطعی درباره رابطه زوال با ویژگی‌های خاک این بود که زوال درختان در خاک‌های کم‌عمق بیشتر از خاک‌های عمیق است. در بخش اقلیمی، کاهش بارش و افزایش مقادیر پارامترهای اقلیمی دمای هوا، سرعت باد، تشعشع خورشیدی، تبخیر، تعرّق و گردوغبار سبب افزایش احتمال زوال درختان یا تشدید این پدیده شده است. همچنین، مشارکت بیشتر مردم محلی برای رویارویی با زوال و تقویت وضع اقتصادی آن‌ها در مطالعات مختلف تأکید شده است. به استناد منابع، به‌کارگیری بانکت به‌همراه قرق منطقه و برش شاخه‌های خشکیده به‌احتمال فراوان سبب کندتر شدن روند زوال در درختان خواهد شد. درمجموع، پژوهش‌های موجود دلالت بر دو ویژگی مهم پدیده زوال شامل چندبعدی و پیچیده بودن و پراکنده‌پژوهی داشتند. همچنین، به‌نظر می‌رسد با گذشت زمان، گستره مناطق درگیر با این پدیده افزایش یافته و جای خالی برخی پژوهش‌های ضروری درباره این پدیده احساس می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناختی، بلوط ایرانی، جنگل، جنگل‌های ایران، خشکیدگی، زوال بلوط

مقدمه

گونه‌های مختلف جنس بلوط (*Quercus*) گستره وسیعی را در نواحی رویشی زاگرس، هیرکانی و ارسباران به‌خود اختصاص داده‌اند (۱۳۷). با توجه به روند رو به افزایش تخریب منابع جنگلی کشور، بسیاری از پایه‌های با ارزش بلوط در سال‌های گذشته از بین رفته یا در حال از بین رفتن هستند. امروزه جنگل‌های بلوط کشور با پدیده زوال بلوط (Oak decline) مواجه هستند که مشکلات یادشده را دوچندان کرده است. نخستین گزارش‌ها در مورد این پدیده در سال ۱۳۸۰ به ثبت رسیده است (۱۲۶)، هرچند این پدیده در دیگر نقاط دنیا به‌ویژه جنگل‌های بلوط اروپا سابقه طولانی‌تری (بیش از یک قرن) دارد (۱۲۷،۱۲۶).

بیشترین حضور گونه‌های بلوط، در جنگل‌های زاگرس است. جنگل‌های زاگرس با گستره‌ای بیش از پنج میلیون هکتار از حساس‌ترین و مهم‌ترین جنگل‌های کشور به‌حساب می‌آیند. این جنگل‌ها از منطقه پردانه شهرستان پیرانشهر در استان آذربایجان غربی آغاز و در راستای رشته‌کوه‌های زاگرس تا پیرامون فیروزآباد در استان فارس ادامه می‌یابند. سه گونه اصلی بلوط در این منطقه شامل بروودار/ بلوط ایرانی (*Q. brantii* Lindl.)، مازودار (*Q. infectoria* Oliv.) و وی‌ول (*Q. libani* Oliv.) انتشار دارند (۱۳۷،۸۹). در جنگل‌های هیرکانی، گونه‌های اصلی بلوط شامل بلندمازو (*Q. castaneifolia* C. A. Mey.)، اوری (*Q. macranthera* Fisch. et Mey.) و بلوط سفید/پترآ (*Q. petraea* L. ex Ehrh. subsp. *iberica* (Stev.) Krassiln.) هستند و در جنگل‌های ارسباران، دو گونه اوری و بلوط سفید یافت می‌شود (۱۲۳).

در این پژوهش به‌مرور و تحلیل پژوهش‌های انجام شده درباره پدیده زوال بلوط در جنگل‌های کشور پرداخته شد. پایگاه داده‌های این پژوهش، مقالات مختلفی بود که به زبان فارسی (۸۴ مقاله) و انگلیسی (۲۸ مقاله) تا انتهای مردادماه ۱۳۹۸ خورشیدی (آگوست ۲۰۱۹ میلادی) چاپ شده بودند. مقالات فارسی در ۳۰ نشریه به چاپ رسیده‌اند که بیشترین سهم (۱۱ مقاله) متعلق به نشریه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران است. مقاله‌های انگلیسی نیز در ۲۱ نشریه مختلف چاپ شده‌اند که دو نشریه Forest Pathology و Journal of Forest Science با چاپ چهار مقاله، سهم بیشتری نسبت به سایر نشریه‌ها داشته‌اند.

در این پژوهش در ابتدا به‌طور مختصر به پیشینه پدیده زوال بلوط در جهان و داخل کشور اشاره شده، سپس درباره ارتباط زوال با نوع گونه، آفت و بیماری‌شناسی آن، تأثیر زوال بر کارکردهای درختان، ارتباط زوال با ویژگی‌های کمی درختان، ویژگی‌های توده جنگلی، فیزیوگرافی، خاک، گذر زمان، تغییر اقلیم و گردوغبار، مطالعات اجتماعی درباره زوال، کاربرد فنون مختلف در پیش‌بینی زوال، اقدامات مدیریتی مؤثر در رویارویی با زوال و مطالعات انجام شده درباره زوال در هر

ناحیه رویشی و استان اطلاعات ارائه و تحلیل شده و درنهایت جمع‌بندی انجام شده است.

تاریخچه پدیده زوال بلوط

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پدیده زوال بلوط معضلی جهانی است و در کشورهای استرالیا (۹۰)، کره جنوبی (۸۴)، چین (۱۵۷)، ژاپن (۹۱)، هندوستان (۲۳)، ترکیه (۲۴)، الجزایر (۲۵)، تونس (۸۷)، روسیه (۱۳۹)، اوکراین (۱۰۱)، اسلوونی (۳۲)، اسلوواکی (۱۳۸)، لهستان (۱۴۲)، مجارستان (۱۰۹)، مولداوی (۵۸)، بلغارستان (۹)، رومانی (۱۴۱)، جمهوری چک (۴۰)، لتونی (۱۰۴)، ولز (۴۴)، صربستان (۱۴۶)، کرواسی (۱۲۸)، انگلستان (۳۷)، سوئیس (۱۴۰)، یونان (۱۴۹)، ایتالیا (۱۲۹)، آلمان (۶۳)، اتریش (۲۷)، بلژیک (۱۵۰)، هلند (۱۲۲)، فرانسه (۳۶)، سوئد (۱۴۵)، فنلاند (۱۴۳)، اسپانیا (۴۵)، پرتغال (۳۰)، مکزیک (۱۴۸)، کلمبیا (۱۳۰)، آمریکا (۲۶) و کانادا (۳۳) گزارش شده است، بنابراین نزدیک به ۴۰ کشور دنیا با این پدیده روبرو هستند. نظریه‌های گوناگونی درباره بروز پدیده زوال بلوط مطرح است، ولی آنچه بیشتر پژوهشگران بر آن اتفاق نظر دارند این است که تنها یک عامل نمی‌تواند دلیل این پدیده باشد، بلکه ایجاد این بحران تحت تأثیر چندین عامل است که هم‌زمان یا با تواتر رخ می‌دهند (۸). به بیان دیگر، این پدیده چند بعدی و پیچیده است و تنوع عوامل تأثیرگذار بر این پدیده، کار قضاوت و برنامه‌ریزی در رابطه با آن را بسیار دشوار کرده است. جمع‌بندی مطالعات انجام‌شده و پیشنهاد برای مطالعات آینده در زمینه‌هایی که به آن پرداخته نشده یا کمتر پرداخته‌شده می‌تواند به تکمیل اطلاعات درباره این پدیده کمک شایانی نماید.

زوال و نوع گونه

غالب درختان زوال‌یافته در ناحیه رویشی زاگرس از جنس بلوط هستند (۱۵۴،۱۰۲،۷۶،۷۳،۶۸،۵۷،۵۵،۲۸)، هرچند که گونه‌های دیگر نیز دچار زوال شده‌اند (۱۰۳،۲۸). حتی در برخی پژوهش‌ها، زوال گونه‌های دیگر بیشتر از بلوط گزارش شده است (۱۰۳).

آفت و بیماری‌شناسی پدیده زوال

دو گونه قارچی *Biscogniauxia mediterranea* (D. Not.) Kuntze (۱۳۶،۱۳۵،۱۰۷،۹۲،۵۱،۵۰،۴۸،۴۷،۲۸،۱۶،۱۵) و *Obolarina persica* Mirab., Y.M. Ju, H.M. Hsieh & J. D. Rogers, sp. Nov. (۴۸،۴۷) به‌عنوان قارچ‌های عامل بیماری زغالی بلوط که بر گونه برودار اثرگذار هستند، در جنگل‌های زاگرس شناخته شده‌اند؛ هرچند در پژوهشی ذکر شده که گونه قارچی *Inonotus krawtzewii* (Pilát) Pilát نیز سبب زوال درختان برودار شده و نشانه‌های زوال آن شبیه به قارچ عامل بیماری زغالی بلوط است (۵۲). این قارچ‌ها سبب ایجاد زخم‌های نکروتیک روی ساقه، شاخه و تنه اصلی بلوط می‌شوند (۵۰). وقوع تنش خشکی و دمای بیشتر از حد معمول، زمینه‌ساز تهاجم قارچ *B. mediterranea* به درختان شناخته می‌شود (۱۰۷). هنگامی‌که درخت تحت تنش کم‌آبی واقع می‌شود، این قارچ از حالت کمون به بیماری‌زا تبدیل می‌شود (۱۳۶،۱۵). در مطالعه دیگر، ۱۱ گونه قارچی جدید که در شاخه، برگ، ریشه و یا تنه درختان زوال‌یافته برودار حضور داشتند، شناسایی شدند که عبارتند از (۱۳): *Alternaria atra* (Preuss)، *A. infectoria* E.G. Simmons، *A. consortialis* (Thüm.)، *A. molorum* (Ruehle)، *Chaetomium globosum* Kunze، *Epicoccum nigrum* Link، *Immersidiscosia eucalypti* (Pat.) Kaz.، *Kalmusia variispora* (Verkley, Göker & Stielow)، *Petriella sordida* (Zukal)، *Neocamarosporium obiones* (Jaap) و *Sordaria fimicola* (Roberge ex Desm.). همچنین، به‌تازگی قارچ *Paecilomyces formosus* به‌عنوان یکی از قارچ‌های مسبب زوال درختان برودار معرفی شده است (۱۳۴). قارچ *Discula quercina* نیز به‌عنوان عامل زوال گونه‌های مازودار و وی‌ول در زاگرس گزارش شده که سبب زوال بذر، شاخه‌ها و برگ درختان می‌شود (۶۲). اگرچه برای بررسی قارچ‌های مسبب زوال درختان نیاز به بررسی‌های مولکولی قارچ‌ها است و ممکن است افزون بر قارچ‌های یادشده، قارچ‌های دیگری نیز سبب زوال درختان شوند (۵۲). قارچ *B. mediterranea* نیز به‌عنوان عامل اصلی بیماری زغالی بلوط درختان بلندمازو در گلستان شناخته شده است (۹۱،۹۵،۱۰۷،۱۳۴). درباره زوال اوری در ارسباران نیز قارچ‌های *Phytophthora cryptogea*، *Pythium aphanidermatum*، *Armillaria mellea*، *Dematophora* sp.، *Fusarium* sp. (۳۵)، *Trichoderma atroviride* P. Karst.1892.، *T. citrinoviride*، *T. harzianum* Rifai. 1969. و *T. polysporum* (Link) Rifai.1969. (۴۹) عنوان شده‌اند.

سوسک‌های چوب‌خوار از دو خانواده Buprestidae (۱۳۵،۵۱) و Cerambycidae ازجمله مهم‌ترین آفت‌های مسبب زوال درختان برودار شناخته می‌شوند (۱۴۴). درواقع، افزایش دخالت انسان در طبیعت سبب به‌هم خوردن تعادل میان حشرات گوناگون و حذف تدریجی حشرات شکارگر این دو خانواده سوسک چوب‌خوار شده و عرصه را برای بروز و پیدایش سوسک‌های چوب‌خوار در زاگرس افزایش داده است. در برخی پژوهش‌ها اثر سوسک‌های چوب‌خوار در زوال درختان برودار بیشتر از اثر قارچ زغالی بلوط گزارش‌شده است (۱۵۶). همچنین، ارتباط قوی بین حضور سوسک‌های چوب‌خوار و بیماری زغالی بلوط در درختان برودار دیده شده که نشان می‌دهد سوسک‌های چوب‌خوار می‌توانند نقش مهمی در انتقال قارچ عامل بیماری زغالی بلوط داشته باشند (۱۳۱). درواقع، سوراخ‌های خروجی که به‌وسیله لارو سوسک چوب‌خوار در تنه درختان ایجاد می‌شود، یکی از راه‌های اصلی ورودی آلودگی‌های قارچی عامل بیماری زغالی بلوط است. به‌علاوه، سوسک‌های چوب‌خوار با تماس مستقیمی که با اسپور قارچ‌ها دارند، می‌توانند از عوامل مهم انتقال بیماری باشند (۱۳۱).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که درختان برودار مبتلا به گیاه نیمه‌انگلی موخور (*Loranthus europaeus* Jacq.) به‌نوعی دارای خشکیدگی شاخه یا ساقه هستند و بر این اساس نتیجه‌گیری شد که فعالیت موخور در خشکیدگی شاخه یا تاج

درختان و درنتیجه زوال درختان نقش اساسی دارد (۲۹،۵۱،۶۷،۱۱۸). درواقع، موخور با کاهش عناصر معدنی مانند نیتروژن، پتاسیم، فسفر و منیزیم در برگ درختان، سبب ضعف درخت و در نتیجه زوال آن می‌شود (۱۱۸).

نماتدها نیز مسبب زوال درختان برودار شناخته شده‌اند که ازجمله آن‌ها می‌توان به دو گونه *Laimaphelenchus belgradiensis* Oro, 2015 و *L. hyrcanus* Miraeiz, Heydari, Maafi & Bert, 2015 اشاره کرد (۱۲۵). یافته‌ها در جنگل‌های زاگرس نشان می‌دهد که بروز گال سبب زوال درختان می‌شود. درواقع، گال نوعی تغییر شکل بافت‌های گیاهی است که توسط برخی از حشرات به درختان القا شده و حشرات (به‌ویژه زنبورها) از آن به‌عنوان تغذیه یا پناهگاه استفاده می‌کنند. گال با تغییر ترکیبات ثانویه برگ درختان برودار، سبب ضعف درختان شده و در زوال درختان تأثیر شگرفی دارد (۱۰۵).

باکتری‌ها نیز می‌توانند بر زوال درختان بلوط اثرگذار باشند. یافته‌ها نشان می‌دهند که در جنگل‌های زاگرس، باکتری‌های *Brenneria goodwinii* (۱۱۳)، *Bacillus pumilus* و *Stenotrophomonas maltophilia* (۲) و در جنگل‌های هیرکانی باکتری *B. goodwinii* (۱۱۳) سبب زوال درختان جنس بلوط می‌شود.

تأثیر زوال بر کارکردهای درختان

زوال درختان تأثیر شدیدی بر وضعیت مورفولوژیک و فیزیولوژیک برگ درختان زوال یافته دارد، به‌طوری‌که گزارش شده میانگین‌های سطح برگ، مقدار آب برگ، رطوبت وزنی برگ، تراکم روزنه‌های آبی در برگ و محتوای رطوبت نسبی برگ درختان برودار بر اثر زوال کاهش چشمگیری داشته است (۷۵،۷۰). مطالعه صفات روزنه و برگ می‌تواند در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری زوال درختان کمک شایانی نماید و با بهره‌گیری از این اطلاعات می‌توان درختان مقاوم در برابر زوال درختان را شناخت (۱۵۹). دلیل کاهش سطح برگ این است که برگ درختان زوال‌یافته برودار در اثر مشکلات دریافت آب به‌وسیله درخت، سطح خود را کاهش داده تا بتواند مانند گذشته فتوسنتز خود را در اندازه نرمال نگه دارند. هنگامی‌که خشک‌سالی رخ می‌دهد، درختان برای جبران کمبود رطوبت هوا و خاک و جلوگیری از تعرق، سطح برگ خود را کاهش و ضخامت برگ (احتمالاً ضخیم شدن لایه‌های کوتیکولی) خود را افزایش می‌دهند. شاخص محتوای رطوبت نسبی برگ و مقدار آب برگ درختان زوال‌یافته کمتر از درختان سالم بوده (۷۵،۷۰) که بیانگر این نکته است که رطوبت خاک به‌وسیله درختان سالم‌تر به‌خوبی جذب شده و سرخشکیدگی درختان احتمالاً به‌علت نقصان در سیستم آب‌رسانی ریشه‌ها یا آوندها در مسیر انتقال آب از ریشه تا برگ باشد. همچنین، ممکن است درختان سرخشکیده توانایی نگهداری آبی را که به‌وسیله ریشه آن‌ها جذب‌شده است، نداشته و به‌راحتی از طریق برگ از بدنه درخت خارج می‌شود؛ بنابراین طبیعی است که محتوای رطوبت نسبی برگ در درختان زوال‌یافته کاهش یابد. همچنین، زوال سبب کاهش مقادیر بیشینه پتانسیل آب برگ (Predawn Leaf Water Potential)، کمینه پتانسیل آب برگ (Midday Leaf Water Potential) و کلروفیل در برگ درختان زوال‌یافته برودار شده است (۱۳۲). از نظر فیزیولوژی، مقدار پرولین برگ درختان زوال‌یافته بیشتر از درختان سالم بوده است (۷۹) که پاسخ درخت نسبت به تنش حاصل از زوال است. مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در درختان سالم و زوال‌یافته تفاوت معنی‌داری نداشته (۷۹) که می‌تواند بازگوکننده این باشد که درخت در راستای رویارویی با زوال، تغییری در فعالیت فتوسنتزی خود نمی‌دهد و در شرایط بحرانی نیز فعالیت‌های فتوسنتزی خود را ادامه می‌دهد. اگرچه یادآوری این نکته ضروری است که درختان زوال‌یافته فتوسنتز کمتری نسبت به درختان سالم دارند، زیرا در اثر زوال، سطح تاج آن‌ها کاهش یافته و بنابراین سطح فتوسنتزکننده آن‌ها کم می‌شود. همچنین، درختان زوال‌یافته بلوط توان کمتری در گیاه‌پالایی عناصر سنگین نسبت به پایه‌های سالم دارند (۱۰).

زوال سبب ایجاد تغییر در مقدار ترکیبات ثانویه در برگ درختان برودار می‌شود که با بررسی این جستار می‌توان به گسترش و کنترل شرایط تنش‌زا در اثر این پدیده پی‌برد (۱۰۶،۲۲). مقادیر مشخصه‌های تانن کل و تانن متراکم در برگ درختان زوال‌یافته به‌طور معنی‌داری بیشتر از درختان سالم است و مقادیر مشخصه‌های قند نامحلول، قند اصلی محلول و آنتی‌اکسیدان در برگ درختان سالم به‌طور معنی‌داری بیشتر از درختان زوال‌یافته است (۲۲). بر اثر زوال، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد و در نتیجه محتوای قندی و آنتی‌اکسیدانی برگ کم می‌شود. کاهش مقدار قندهای نامحلول برگ یکی از راهبردهای فراگیر گیاهان در شرایط کم‌آبی است که در برگ درختان دچار زوال نیز دیده می‌شود (۲۲). در اثر بروز زوال، ترکیبات فلاونوئیدی و فنل کل در برگ درختان زوال‌یافته بیشتر از درختان سالم برودار مشاهده شد که احتمال می‌رود این ترکیبات نقش مؤثری در افزایش مقاومت درختان برودار در برابر پاتوژن‌ها و در نتیجه افزایش زنده‌مانی درختان داشته باشند (۱۰۶).

یکی از مهم‌ترین وظایف بافت چوبی درختان، انتقال شیره خام از ریشه به تاج‌پوشش است و ویژگی‌های این بافت (مانند پهنای حلقه‌های رویشی و اندازه آوندها) تأثیر مهمی در تعیین توان هیدرولیک درخت دارد (۳۱). کوچک‌تر شدن پیاپی آوندهای چوب‌آغاز، افزایش تعداد آوندهای چوب‌آغاز و کاهش پهنای حلقه‌های رویشی درختان زوال‌یافته و پیرو آن کاهش رویش قطری درختان ازجمله نشانه‌های تأثیر پدیده زوال بلوط بر ویژگی‌های چوب درختان زوال‌یافته است (۱۱۴) که با این تغییرات، مقدار هدایت هیدرولیکی درختان نیز کاهش می‌یابد. مقایسه حلقه‌های رویشی درختان زوال‌یافته و سالم برودار در جنگل‌های خرم‌آباد نشان داد که روند رشد درختان تا پیش از آغاز زوال کاملاً مشابه بود، ولی از زمان آغاز پدیده زوال به بعد در منحنی رویش درختان در حال زوال افت رویش مشخصی مشاهده شد. از زمان آغاز زوال به بعد، به‌رغم افزایش بارندگی در منطقه مورد مطالعه در چند سال منتهی به پژوهش انجام‌شده نسبت به سال‌های پیشین، افزایش رویش در درختان زوال‌یافته دیده نشد؛ این بدان معناست که با توجه

به پدیده زوال، فعالیت لایه زاینده درخت کاهش یافته و درخت احتمالاً توان رویش دوباره خود را از دست داده و حتی با بهبود شرایط اقلیمی، امکان از سرگیری رویش وجود نداشت (۱۱۷).

زوال بر ویژگی‌های بذر درختان نیز اثرگذار است، به‌طوری‌که کمترین درصد جوانه‌زنی، میانگین تعداد بذر در مخروط و سرعت جوانی‌زنی در درختان زربین با شدت زیاد زوال دیده شد (۳۸). جای چنین پژوهشی درباره گونه بلوط خالی است.

ارتباط زوال درختان با مشخصه‌های کمی درخت

نتایج موجود درباره رابطه قطر برابر سینه درخت و زوال متناقض است. برخی پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که زوال در درختان کم‌قطر بلوط بیشتر است (۱۴۷،۶۸،۶۱،۴۲،۲۰،۱۴،۱۱،۷) و باید عملیات پرورشی بر روی درختان کم‌قطر متمرکز شود. دلیل این یافته را نیز به حساسیت بیشتر درختان جوان‌تر به تنش خشکی، ریشه افشان و عمق کمتر ریشه‌دوانی (نسبت به درختان با ابعاد بزرگ‌تر) نسبت داده‌اند. برخی دیگر از پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که رابطه مستقیمی میان قطر برابر سینه درختان و پدیده زوال است و زوال در درختان قطورتر بیشتر است (۳۴،۵۵،۵۶،۷۶،۹۴،۱۰۳،۱۵۴،۶)؛ اگرچه بیان کردند که نمی‌توان این یافته را به‌طور کامل به پدیده زوال ارتباط داد، چون برخی از این درختان به‌دلیل رسیدن به سن دیرزیستی و مرگ فیزیولوژیک دچار زوال شده‌اند. همچنین، دلیل دیگر کم بودن درصد زوال درختان در طبقات کم‌قطر را نیاز کمتر این درختان به رطوبت خاک می‌دانند. در برخی مطالعات دیگر، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که بروز زوال در تمامی طبقات قطری درختان برودار به شکل به‌تقریب یکسان تأثیر گذاشته، در نتیجه پدیده زوال بر الگوی کلی برازش قطر درختان تأثیر معنی‌داری نداشته است (۸۰،۱۱۲).

در بیشتر پژوهش‌ها با افزایش ارتفاع درخت، خشکیدگی درختان کاهش یافته است (۱۴،۲۰،۷۸). چنین یافته‌ای شاید به این دلیل است که درختان کوتاه‌تر، جوان‌تر و شاخه‌زاد بوده، درنتیجه رقابت درون‌گونه‌ای میان جست‌های آن‌ها زیادتر بوده و از سوی دیگر، به‌دلیل ارتفاع کمتر، آن‌ها بیشتر در معرض آفت‌ها و بیماری‌ها قرار گرفته‌اند (۱۵۶). فقط در دو پژوهش همبستگی مثبت و معنی‌داری میان زوال با ارتفاع درخت به‌دست آمد (۲۹،۳۴) که اشاره شده درختان بلندتر، به‌دلیل محدودیت هدایت هیدرولیکی، بیشتر از درختان کم‌ارتفاع، تحت تأثیر تنش خشکی بوده و در برابر پدیده زوال آسیب‌پذیر هستند. در برخی پژوهش‌ها نیز ارتباط معنی‌داری بین ارتفاع درخت و مقدار خشکیدگی به‌دست نیامد (۸۰) که دلیل احتمالی آن به یکنواختی و عدم تغییرات زیاد در ارتفاع درختان توده مورد بررسی ارتباط داده شده است.

به‌طور معمول، نخستین نشانه‌های پدیده زوال درختان در تاج آن‌ها ظاهر می‌شود؛ از این‌رو نشانه‌های بروز پدیده زوال را می‌توان در وضعیت تاج درختان بررسی کرد. زوال درختان با ابعاد تاج رابطه مستقیم دارد و تاج‌های با ابعاد بزرگ‌تر آسیب بیشتری یافته‌اند (۱۱۱،۶۸،۸۱،۲۹،۳۴،۱۴). به‌نظر می‌رسد که درختان دارای تاج بزرگ، به‌دلیل محدودیت منابع در دسترس، برای مقابله با پدیده زوال مشکلات بیشتری داشته باشند. از میان متغیرهای سطح تاج، ارتفاع تاج، نسبت تاج (طول تاج زنده به ارتفاع درخت)، تراکم تاج و حجم تاج، بیشترین رابطه زوال با متغیر تراکم تاج به‌دست آمد، به‌طوری‌که تاج‌های بسته‌تر، کمترین درصد زوال را داشتند و تنکی تاج درختان بلوط را می‌توان شاخص مناسبی برای تشخیص احتمال ابتلای درخت به این پدیده در نظر گرفت (۸۱). درواقع، درختانی که تراکم بیشتر و تاج بزرگ‌تری داشته و در عین‌حال خشکیدگی کمتر و نوربایی بیشتری در تاج خود دارند، توانایی بیشتری برای تثبیت کربن، ذخیره مواد غذایی، رویش و زنده‌مانی و در نتیجه قدرت بیشتری در مقابله با پدیده زوال دارند. برخی پژوهشگران نیز اشاره کرده‌اند که درختان با عرض تاج کوچک‌تر بیشتر در معرض خشکیدگی هستند (۲۰،۴۳،۷۸). البته در برخی مطالعات، ارتباط مستقیم و مشخصی بین اندازه تاج با زوال تاجی به‌دست نیامد و موقعیت قرارگیری درخت در داخل توده عامل مهمی بر چگونگی این ارتباط عنوان شده است (۶۹). در درختانی که به‌طور منفرد قرار گرفته‌اند، با افزایش اندازه تاج درخت، زوال تاجی بیشتر بود؛ چراکه در این درختان، هرچه حجم تاج کمتر باشد، نیاز کمتری به آب و مواد غذایی برای ادامه حیات وجود دارد؛ اما در درختانی که به‌طور خوشه‌ای و گروهی قرار داشتند، با کاهش اندازه تاج، زوال بیشتر بود (۶۹). دلیل این امر به رفع نیازهای آبی و مواد غذایی درختان که به‌طور گروهی مستقر هستند، برمی‌گردد، زیرا در این درختان، رقابت ریشه‌ای برای کسب مواد غذایی و آبی بیشتر است و سبب تأثیر منفی بر عملکرد درختان می‌شود.

در مورد رابطه تعداد جست با زوال، بیشتر مطالعات به همبستگی مثبت زوال درختان با تعداد جست اذعان داشتند (۱۳۱،۳۴،۱۴) و یافته‌های عکس نیز گزارش شده است (۱۵۴). دلیل همبستگی مثبت میان تعداد جست و زوال درختان، رقابت بیشتر عنوان شده است.

ارتباط زوال با ویژگی‌های توده

درجه آمیختگی جنگل بر مقدار و وسعت زوال درختان اثرگذار است، به‌طوری‌که زوال درختان در تیپ‌های خالص بیشتر از تیپ‌های آمیخته است (۱۲۴). دلیل این یافته رقابت درون‌گونه‌ای ذکر شده است، زیرا راهبرد درختان یک گونه، برای رسیدن به منابع آبی و مواد غذایی همانند بوده و برای همین زوال درختان در تیپ‌های خالص شدیدتر است. فرم درختان نیز بر بروز پدیده زوال تأثیرگذار است، به‌طوری‌که در بیشتر مطالعات زوال در درختان شاخه‌زاد بیشتر از دانه‌زاد مشاهده شده است (۵۵،۶۱،۶۸،۶۹،۷۱،۱۳۱،۱۵۲،۶،۷) که دلیل آن کم بودن قطر جست‌ها، تراکم بیشتر درختان شاخه‌زاد، فشار رقابتی میان جست‌ها و سن زیاد کنده‌های تولیدکننده جست عنوان شده است. برخی مطالعات نیز به بیشتر بودن زوال در فرم دانه‌زاد نسبت به شاخه‌زاد اشاره کرده‌اند (۷۸،۱۰۳،۱۵۴). پژوهشگران ازجمله دلایل بیشتر بودن زوال در فرم دانه‌زاد نسبت به شاخه‌زاد را در نیاز آبی بیشتر درختان دانه‌زاد می‌دانند که به‌دنبال کاهش بارش، اثرات زوال در

دانه‌زادها بیشتر نمود پیدا کرده است. همچنین، قطر و سن بیشتر در فرم دانه‌زاد، دلیل احتمالی دیگر این نتیجه است.

الگوی پراکنش مکانی درختان زوال‌یافته بلوط کپه‌ای به‌دست آمد (۶،۴۱،۹۳،۹۷،۱۴۷) و ذکر شده که اگر مقیاس کار بزرگ‌تر شود، پراکنش درختان زوال‌یافته از الگوی تصادفی پیروی می‌کند. تأثیر زوال بر ساختار جنگل‌های زاگرس مرکزی نشان داد که تغییر الگوی پراکنش درختان در اثر زوال از حالت کپه‌ای به‌حالت تصادفی تغییر یافته است (۱۱۰) که دلیل احتمالی آن، افزایش فاصله میان پایه‌های درختی است. همچنین، در پیرامون درختان خشک‌شده، درختان دارای خشکیدگی شدید حضور داشتند که نشان می‌دهد رابطه‌ای قوی میان آن‌ها وجود دارد (۹۵).

تراکم درختان (تعداد در هکتار) نیز مشخصه تأثیرگذاری بر زوال درختان است، به‌طوری‌که پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که افزایش تراکم درختان سبب افزایش زوال درختان شده است (۶۸،۷۴،۷۸،۱۰۲). پژوهشگران دلیل آن را این‌طور بیان می‌کنند که در مناطق با تراکم زیاد درختان، احتمال انتقال بیماری زغالی بلوط از طریق سوسک‌های چوب‌خوار افزایش پیدا کرده و رقابت بر سر منابع آب و مواد غذایی زیاد است. در تأیید این یافته‌ها، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که رقابت درختی پیرامون درختان خشکیده و در حال خشکیدن بیشتر از پیرامون درختان سالم یا کمتر خشکیده بود (۷۸،۷۷).

رویه زمینی از شاخص‌های انبوهی جنگل بوده و با افزایش انبوهی جنگل، زوال درختان بیشتر شده است (۷۱). دلیل آن این است که در توده‌های دارای رویه زمینی بیشتر، زی‌توده بیشتر بوده و نیاز به آب و مواد غذایی افزایش می‌یابد. اگر چنانچه شرایط محیطی نامساعد شود (همانند خشک‌سالی دهه پیش)، رقابت درختی برای کسب رطوبت خاک بیشتر شده و در توده‌های متراکم‌تر، این رقابت بیشتر شده و در نتیجه زوال شدیدتر اتفاق می‌افتد.

ارتباط زوال با ویژگی‌های فیزیوگرافی

به استناد نتایج موجود، زوال درختان بلوط در فرم زمین یال، کمترین مقدار بوده است (۵۷) و به‌نظر می‌رسد که در موقعیت مکانی یال به‌علت نامساعد بودن شرایط محیطی برای فعالیت حشرات و آفت‌های مسبب زوال، درختان کمتر در معرض حمله قرار گرفته و شدت زوال در این موقعیت مکانی کمتر است. بیشترین درصد زوال درختان بلوط از میان چهار جهت جغرافیایی اصلی در دامنه جنوبی (۱۴،۶۸،۷۳،۷۴،۸۳،۱۰۰،۱۰۲،۱۲۴)، غربی (۱۰۳،۵۵) و یا برخلاف تصور، جهت شمالی (۵۷،۲۰) یافت شد و در بیشتر مطالعات، کمترین زوال جنگل در دامنه شمالی ظاهرشده است (۶۸،۱۰۰،۱۰۲،۱۰۳،۱۲۴). دلیل این یافته را خنک‌تر بودن هوا در دامنه‌های شمالی و شرقی نسبت به دامنه‌های جنوبی و غربی در نیمکره شمالی عنوان کرده‌اند. برخی پژوهشگران بیشتر بودن زوال درختان را در جهت شمالی در رطوبت بیشتر در این دامنه و فراهم بدون شرایط برای قارچ عامل بیماری زغالی بلوط عنوان کرده‌اند (۵۷)؛ حال اینکه قارچ عامل بیماری زغالی بلوط در شرایط خشکی فعال می‌شود (۱۳۶،۵۷). شاید دلیل این امر، آفت‌ها و قارچ‌هایی باشند که رطوبت‌پسند هستند. نیاز به بررسی درباره دلایل بیشتر بودن زوال درختان در دو پژوهشی که نتیجه عکس دیگران گزارش کرده‌اند (۵۷،۲۰) دیده می‌شود و با یافتن دلیل زوال در این مناطق، می‌توان به اطلاعات بیشتری درباره این پدیده دست یافت.

بر اساس نتایج موجود، با افزایش ارتفاع از سطح دریا، زوال جنگل کاهش یافته است (۲۰،۸۳،۱۲۴) که دلیل آن خنک شدن هوا در ارتفاعات است که تا حدی جبران‌کننده خشکی هوا و خاک است. البته عکس این نتیجه نیز گزارش شده است (۶۸،۷۳،۷۴،۱۰۲) که دلیل آن‌را فراوان بودن پایه‌های شاخه‌زاد نسبت به دانه‌زاد در ارتفاعات مناطق مورد مطالعه می‌دانند. چون از یک‌سو، در میان جست‌های پایه‌های شاخه‌زاد، رقابت میان‌جستی و حساسیت به تنش خشکی بیشتر از پایه‌های دانه‌زاد است و از سوی دیگر، به‌دلیل قطر کم جست‌ها، پایه‌های شاخه‌زاد بیشتر مورد هجوم سوسک‌های چوب‌خوار قرار می‌گیرند. همچنین، یکی دیگر از علل این یافته را نامساعدتر شدن شرایط محیطی در ارتفاعات بالاتر عنوان کرده‌اند که از فعالیت قارچ‌ها و آفت‌ها جلوگیری می‌کند. بررسی‌های ژنتیکی در این زمینه می‌تواند در تبیین تفاوت درختان در ارتفاعات مختلف کمک کند. در این راستا، در بررسی تنوع ژنتیکی درختان خشکیده و سالم زربین در ارتفاعات مختلف مشخص شد که درختان ارتفاعات بالا، تنوع ژنتیکی بیشتری نسبت به درختان ارتفاع پایین‌تر داشته و بنابراین، در مقابل زوال می‌توانند مقاوم‌تر باشند (۱۵۸).

بیشتر پژوهشگران، افزایش شیب را سبب افزایش تعداد درختان زوال‌یافته و شدت زوال عنوان کرده‌اند (۱۴،۵۵،۱۰۰،۱۰۲) و دلیل آن را این‌طور عنوان کردند که در شیب‌های تندتر، سرعت رواناب سطحی افزایش می‌یابد و منجر به افزایش شدت فرسایش خاک و از بین رفتن خاک سطحی می‌شود که درنتیجه آن، عمق و رطوبت خاک در شیب‌های تندتر، کاهش می‌یابد. همچنین، در مناطق شیب‌دار ضخامت لاشبرگ کمتر بوده و خاک حالت واریزه‌ای دارد و برآیند این عوامل سبب ضعف فیزیولوژیک درختان و در نتیجه افزایش زوال شده است. هرچند نقض این نتیجه نیز وجود دارد و با افزایش شیب دامنه، زوال جنگل کاهش یافته است (۱۲۴) که دلیل آن را کاهش تردد انسان و دام در شیب‌های تندتر دانسته‌اند که سبب کاهش کوبیدگی خاک شده است. برخی نیز به عدم وجود ارتباط معنی‌داری میان شیب و زوال درختان بلوط دست یافتند (۶۸،۷۳). در مناطق مسطح، مقدار زوال درختان کمتر بوده است (۵۵)، زیرا در این مناطق مقدار رواناب کاهش و نفوذ بارش افزایش می‌یابد. در این شرایط احتمال مرطوب بودن خاک و جمع شدن آب باران بیشتر است و این عامل می‌تواند در کاهش زوال درختان در مناطق مسطح مؤثر باشد.

ارتباط زوال با ویژگی‌های خاک

به استناد نتایج یک پژوهش، همبستگی معنی‌دار منفی میان رطوبت خاک، درصد نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن (C/N) با تعداد درختان زوال‌یافته به‌دست آمد (۱۲۴). ارتباط

عکس میان رطوبت خاک و تعداد درختان خشکیده بازگوکننده تأثیر خشکی و تنش کمبود آب در خاک بر زنده‌مانی درختان بوده و موجب ضعف فیزیولوژیک درختان در نتیجه احتمال بیشتر پیدایش پدیده زوال در آن‌ها است. هرچند برخی پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که غلظت نیتروژن و فسفر و رطوبت خاک در درختان سالم و خشکیده تفاوت معنی‌داری نداشت (۷۲). همچنین، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر pH، EC، ظرفیت تبادلی کاتیونی، درصد ماده آلی و سدیم و پتاسیم در طبقه‌های مختلف زوال درختان به‌دست نیامد (۱۴). نویسندگان چنین یافته‌هایی را این گونه توجیه کردند که شرایط اقلیمی و خشک‌سالی‌های اخیر به‌ویژه فصل خشک درازمدت به‌قدری شدید بوده که زوال درختان در خاک‌هایی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت، به‌طور مشابهی رخ داده و تفاوت در ویژگی‌های خاک، تأثیر چندانی بر زوال درختان نداشته است. مشخصه‌های درصد آهک و بی‌کربنات خاک بر زوال درختان بلوط اثرگذار بوده، به‌طوری‌که وجود رابطه معنی‌دار مستقیم بین شدت زوال با مقادیر درصد آهک و بی‌کربنات خاک که تشدیدکننده تنش رطوبتی و جذب مواد غذایی هستند، به اثبات رسیده است (۸۲).

بیشینه تنش حاصل از خشکی به خاک در درختان بلوط دچار زوال در ماه‌های مرداد و شهریور بوده است که با اوج رشد رویشی و مرحله زایشی درختان بلوط مصادف بوده و گاهی وضعیت نامناسب‌تر از رطوبت و بحران مقدار آب قابل دسترس خاک در دوره‌ای فراتر از خرداد تا مهرماه را شامل می‌شود (۱). بررسی‌ها درباره پایش زمانی رطوبت خاک در عمق‌های مختلف خاک در جنگل‌های زاگرس اندک بوده و از آنجایی‌که تأثیر رطوبت خاک بر زوال درختان به اثبات رسیده است (۱۲۴)، بنابراین انجام پژوهش در ماه‌های مختلف سال، سبب گردآوری اطلاعات مهمی درباره بروز تنش خشکی به گیاه در مواقع بحرانی سال می‌شود.

در یک پژوهش، همبستگی مثبت معنی‌داری بین متغیرهای وزن ظاهری، بافت، pH و کربن خاک با تعداد درختان زوال‌یافته به‌دست آمد (۱۲۴). بیشتر زوال درختان در خاک‌هایی با بافت سبک (با شن کمتر و سیلت زیادتر) رخ داده است (۸۱،۷۳). خاک‌هایی با بافت سبک، به‌دلیل سست بودن بافت، توانایی نگهداری آب کمتری داشته و رطوبت خود را به‌سرعت از دست می‌دهند، بنابراین درختانی که در این خاک‌ها مستقر هستند، زودتر دچار کم‌آبی و تنش خشکی شده و شدت تنش خشکی در آن‌ها بیشتر است. وجود عناصر سنگین در خاک درختان، سبب افزایش زوال در درختان شده، زیرا وجود این عناصر عامل تشدید تنش کمبود رطوبت برای ریشه‌ها است (۸۱).

عمق خاک نیز بر زوال درختان اثرگذار است؛ به‌طوری‌که تعداد درختان زوال‌یافته در خاک‌های کم‌عمق‌تر بیشتر بوده است (۷۳،۷۴،۱۰۲،۱۲۴). خاک‌های کم‌عمق، ظرفیت نگهداری آب و قابلیت دسترسی درختان به رطوبت خاک کمتر بوده و از سوی دیگر، حاصل‌خیزی و در نتیجه عمق ریشه‌دوانی کمتر است، بنابراین درخت در شرایط تنش خشکی، زودتر و سریع‌تر دچار زوال می‌شود.

ارتباط زوال با گذر زمان

در تنها پژوهشی که به‌طور دوره‌ای به بررسی زوال درختان در زاگرس پرداخته است، مشخص شد که پس از دو سال (دوره آماربرداری از تابستان ۱۳۹۱ تا تابستان ۱۳۹۳)، تعداد درختان زوال‌یافته با درجه زوال شدید و خیلی شدید (زوال بیشتر از ۵۰ درصد در تاج درخت)، نزدیک به ۱۲ درصد افزایش یافته و تعداد درختان سالم، نزدیک به ۲۱ درصد کاهش یافته است، بنابراین با گذر تنها دو سال، تعداد بیشتری از درختان دچار این پدیده شده و شدت زوال در درختان آسیب‌دیده نیز افزایش یافته است (۴۲). اگرچه پژوهشگران با به‌کارگیری رویکردهای مبتنی بر سازگاری با شرایط خشک‌سالی مانند استفاده از بانکت در بالادست درختان برای جمع‌آوری آب باران توانسته‌اند در یک سطح کوچک، ۱۹ درخت خشکیده را احیا و در ۳۸ درخت، سبب کاهش شدت زوال شوند (۶۵،۶۴).

تغییر اقلیم و گرد و غبار و رابطه آن با زوال

تغییرات معنی‌دار پارامترهای اقلیمی به‌عنوان تسهیل‌گر ایجاد یا افزایش زوال درختان در جنگل‌های زاگرس شناخته شده‌اند و افزایش مقادیر پارامترهای دمای هوا (۳،۱۷،۱۸،۱۹،۳۹،۴۶،۱۰۰،۱۱۹)، تبخیر و تعرق (۱۷،۱۸،۱۹،۳۹،۴۶،۵۶)، تشعشع خورشیدی (۱۱۹) و سرعت باد (۱۹،۱۸،۱۷) و همچنین کاهش مقدار بارش (۳،۱۷،۱۸،۱۹،۲۱،۴۶،۵۶،۷۴،۱۰۰،۱۱۹،۱۲۰،۱۳۳) سبب گرم‌تر شدن منطقه و کاهش آب در دسترس درختان شده است. همچنین، کاهش بارش در فصل رویش، ازجمله اصلی‌ترین دلایل زوال درختان است (۲۱).

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که افزایش ورود گرد و غبار به ناحیه رویشی زاگرس می‌تواند یکی از عوامل تسهیل‌گر زوال درختان باشد (۶۰،۷۴) و با فعال کردن جمعیت قارچی، سبب افزایش احتمال زوال درختان یا تشدید این پدیده شود (۶۰). از سوی دیگر، مطالعات نشان می‌دهند که به‌دلیل افزایش طوفان‌های گرد و غبار و ورود آن به غرب کشور، عناصر سنگین موجود در سطح برگ درختان افزایش معنی‌داری یافته که جذب این عناصر از راه برگ و ریشه، سبب افزایش خشکیدگی درختان شده است (۸۸،۱۰۰،۱۲۱). مقدار عناصر سنگین کادمیوم و سرب در برگ درختان زوال‌یافته بروادر به‌طور معنی‌داری بیشتر از درختان سالم به‌دست آمد که به‌نظر می‌رسد تنش برآمده از جذب عناصر سنگین یکی از عوامل زوال درختان است (۸۸). کادمیوم مانع جذب آهن و درنهایت فتوسنتز گیاه می‌شود و افزون بر این، کادمیوم جذب و انتقال عناصر غذایی مختلف به‌وسیله گیاه و انتقال آن‌ها از ریشه به شاخه‌ها را کاهش می‌دهد. مقادیر زیاد سرب نیز سبب جلوگیری از فعالیت‌های آنزیم‌ها، تعادل آب و جذب مواد غذایی درختان بلوط می‌شود.

مطالعات اجتماعی درباره زوال

نتایج یک بررسی از دیدگاه اجتماعی درباره مشارکت جوامع روستایی در تصمیم‌گیری، نظارت و ارزشیابی مدیریت زوال جنگل‌های بلوط از خانوارهای ساکن در اطراف جنگل‌های آلوده به زوال نشان می‌دهد که بیشتر مردم روستا مشارکت

ضعیفی در مراحل مختلف مدیریت زوال داشتند و مردم روستا بیشتر در نقش دریافت‌کننده اطلاعات یا ارائه‌دهنده اطلاعات در مرحله شناسایی خشکیدگی و حفاظت از پروژه‌های اجرا شده فعالیت کرده بودند (۹۹). مشارکت روستاییان به‌طور مثبت و معنی‌داری تحت تأثیر متغیرهایی همچون خسارت خانوارها ناشی از پدیده زوال درختان، درصد جنگل آلوده شده در منطقه، سطح تحصیلات، توانایی مالی و فکری خانوار در مشارکت، میزان تعاملات با کنشگران بیرونی، شرکت در دوره‌های ترویجی، مداخله و حمایت‌های مالی برای ارتقای مشارکت به‌وسیله سازمان‌های بیرونی بوده است (۹۹).

مردم محلی و سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور نقش اصلی را در رویارویی با چالش زوال درختان زاگرس به‌عهده دارند (۱۵۳،۱۵۵). این سازمان در حمایت از جنگل‌ها و استفاده از راهبردهای مناسب در راستای ذخیره آب باران نقش کلیدی داشته و مردم محلی در همکاری با آن‌ها و طرح‌های مشارکتی نقش کلیدی بر دوش دارند (۱۵۵). بیشترین تأثیر اجتماعی زوال جنگل‌های بلوط از دیدگاه جنگل‌نشینان، کاهش کیفیت زندگی آن‌ها و پس از آن کاهش مسئولیت‌پذیری جنگل‌نشینان بوده است، بنابراین پیشنهاد شده که با بهبود کیفیت زندگی جنگل‌نشینان و فراهم کردن زیرساخت‌های لازم و تأمین اعتبارات لازم در راستای محرومیت‌زدایی و افزایش کیفیت زندگی آن‌ها، اقدام شایسته و عملی انجام شود (۵۴). در واقع، تقویت وضع اقتصادی مردم جنگل‌نشین به‌عنوان یک راهکار جدی برای رویارویی با زوال بلوط شناخته شده است (۱۲).

کاربرد فنون مختلف در پیش‌بینی زوال

به‌کارگیری فن‌های سنجش از دور که هم‌زمان از توانایی‌های تشخیص مکانی و طیفی خوبی برخوردارند، در تشخیص توده‌های آسیب‌دیده، در خطر آسیب و سالم کمک مؤثری به‌شمار می‌آید. استفاده از سنجنده‌های حساس به نواحی طیفی معرف رفتارهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش مؤثر و مهمی در شناسایی بیماری‌ها و آفت‌های گیاهی دارد. در این راستا، توانایی سنجنده‌های Rapideye در کنار سنجنده Aster-L1B در شناسایی زوال تک‌درختان برودار به اثبات رسیده است (۱۵۱). توانایی جداسازی پوشش زوال‌یافته جنگل‌های برودار (۸۵،۸۶) و پایش زوال درختان (۶۶) با تصاویر لندست به اثبات رسیده است. همچنین، توانایی تصاویر ماهواره‌ای Worldview-2 در تهیه نقشه شدت زوال درختان به اثبات رسیده است (۹۷). به‌دلیل نبود یا کمبود ایستگاه‌های هواشناسی در جنگل‌های زاگرس، به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور مانند TRRM برای بررسی بارش، روشی مناسب و کم‌هزینه پیشنهاد شده است (۲۱).

توانایی مطلوب پیش‌بینی احتمال زوال درختان در ناحیه رویشی زاگرس با به‌کارگیری رویکرد مدل‌سازی ترکیبی در محیط GIS نیز به اثبات رسیده است (۴۶،۱۱۶). روش‌های AHP (۴) و FAHP (۱۰۰) در محیط GIS نیز می‌توانند ابزار مناسبی برای تهیه نقشه پتانسیل مناطق زوال‌یافته جنگل‌های زاگرس باشند. روش زمین‌آمار نیز به‌عنوان ابزاری قوی برای تهیه نقشه پیش‌بینی زوال درختان و شناسایی کانون‌های زوال به اثبات رسیده است (۵،۷،۹۸). نتایج به‌کارگیری روش‌های مختلف زمین‌آمار برای تهیه نقشه زوال درختان برودار نشان می‌دهد که فن کریجینگ معمولی با مدل کروی (۵) یا فن کوکریجینگ (با بهره‌گیری از متغیرهای کمکی رطوبت خاک و جهت دامنه) بهترین برازش را برای داده‌ها داشته است (۹۸).

اقدامات مدیریتی مؤثر در رویارویی با پدیده زوال

از آگروفارستری (جنگل‌زراعی) به‌عنوان یک راهکار پیشنهادی مدیریتی چندمنظوره در مناطق جنگلی زاگرس با هدف کاهش فشار انسانی بر این جنگل‌های بهره گرفته شده است (۵۹)؛ هرچند کشت زیرآشکوب درختان در زاگرس تأثیر فزاینده در زوال درختان دارد (۱۰،۶۱،۱۵۲) و بیشترین تأثیر زوال درختان از میان کاربری‌های با کشت زیرآشکوب، کاربری بدون کشت زیرآشکوب و کاربری در منطقه حفاظتی (قرق) در کاربری دارای کشت زیرآشکوب به‌دست آمد (۱۵۲)؛ بنابراین می‌توان آگروفارستری را در مناطقی از زاگرس پیشنهاد داد که فعالیت اول در آن عرصه، کشاورزی بوده و در اطراف زمین‌های کشاورزی، به‌کاشت درختان اقدام کرد.

ازجمله رویکردهای مبتنی بر سازگاری با شرایط خشک‌سالی که سبب غلبه بر زوال درختان در جنگل‌های زاگرس شده است، جمع‌آوری آب باران به‌وسیله تیمار بانکت (در بالادست درختان) به‌همراه قرق بوده است که سبب احیای درختان و کاهش زوال در درختان زوال‌یافته شده‌است (۶۴،۶۵).

مبارزه شیمیایی با آفت‌ها و امراض در اکوسیستم‌های طبیعی توصیه نشده و مبارزه زیستی نیز مبتنی بر وجود پیش‌نیازهای پژوهشی درازمدت است، بنابراین در حال حاضر، انجام برش‌های بهداشتی مهم‌ترین راهکار کنترل بحران زوال درختان برودار قلمداد می‌شود. از میان چهار تیمار حذف قطعات آلوده از درخت، حذف کامل تاج، قطع درخت از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری و قطع درخت از عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک در میان پایه‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد برودار، بهترین عملکرد را برش اصلاحی حذف انتخابی شاخه‌های آلوده داشت که برای کاهش خسارت خشکیدگی درختان برودار پیشنهاد می‌شود (۱۱۵). همچنین، کاهش زنده‌مانی در تیمارهای قطع از عمق ۱۰ سانتی‌متر و قطع از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر، به‌دلیل ریزش خاک بر روی مقاطع برش و خفه شدن جوانه‌های خفته بوده و به‌علاوه، شانس بیشتر تعلیف جست‌ها به‌دلیل ارتفاع کم مقاطع برش و دسترسی آسان دام به جست‌های حاصل از تیمارهای یادشده بوده است. بنابراین، استفاده از این دو تیمار در راستای مقابله با زوال درختان بلوط توصیه نمی‌شود (۱۱۵). درباره برش شاخه و سرشاخه درختان سالم، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که این نوع برش بهداشتی تأثیر قابل توجهی در افزایش آلودگی آن‌ها به آفت‌ها و بیماری‌ها نشان داده است (۶۱،۱۳۱)، به‌طوری‌که درختان قطع شده بیشتر به سوسک چوب‌خوار و درختان شاخه‌بری‌شده بیشتر به بیماری زغالی بلوط آلوده شده‌اند (۱۳۱). با قطع شاخه، در درختان، زخم به‌وجود آمده و بیشتر آفت‌ها و بیماری‌ها از راه زخم به درختان نفوذ می‌کنند. از سوی دیگر، قطع و سرشاخه‌زنی در

درختان تنش ایجاد کرده و درختان را تضعیف کرده و در نتیجه مقاومت آن‌ها در برابر آفت‌ها و بیماری‌ها را کاهش می‌دهد.

مطالعات انجام شده درباره زوال به‌تفکیک ناحیه رویشی و استان

بر اساس نتایج، بیشترین مطالعات در ناحیه رویشی زاگرس انجام شده است (۹۲/۶ درصد) و سهم ناحیه رویشی هیرکانی ۵/۷ درصد و ارسباران ۱/۷ درصد است. از آن‌جایی‌که بیشتر سطح جنگل‌های زاگرس را بلوط تشکیل داده، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست. همچنین، در ۱۲ استان کشور، این پدیده مورد بررسی قرار گرفته است که بیشتر پژوهش‌ها در دو استان ایلام (۴۳/۴ درصد) و لرستان (۱۷/۲ درصد) انجام شده‌اند.

جمع‌بندی و تحلیل

در مجموع می‌توان روابط بوم‌شناختی پدیده زوال بلوط را به‌شرح زیر جمع‌بندی کرد:

– زوال و نوع گونه: در این بخش مشخص شد که تاکنون درباره زوال پنج گونه درختی برودار، مازودار، وی‌ول، بلندمازو و اوری مطالبی منتشر شده که سهم آن‌ها به‌ترتیب ۸۶/۶، ۲/۲، ۱/۱، ۷/۹ و ۲/۲ درصد است. با توجه به اینکه گونه غالب درختی در مناطق زوال‌یافته برودار است و این پدیده نیز بیشتر در جنگل‌های زاگرس رخ داده است، این نتیجه قابل انتظار بود. وجود زوال در ناحیه رویشی هیرکانی و ارسباران این هشدار را می‌دهد که ممکن است در آینده نیز زوال در این اکوسیستم‌ها فراگیر شود.

– آفت و بیماری‌شناسی زوال: در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که ۱۶ گونه قارچی (*B. mediterranea*، *O. persica*، *D. quercina*، *I. krawtzewii*، *A. atra*، *A. infectoria*، *A. consortialis*، *A. molorum*، *C. globosum*، *E. nigrum*، *I. eucalypti*، *K. variispora*، *P. sordida*، *N. obiones*، *S. fimicola* و *P. formosus*)، دو خانواده سوسک چوب‌خوار (Buprestidae و Cerambycidae)، سه گونه باکتری (*B. goodwinii*، *B. pumilus* و *S. maltophilia*)، دو گونه نماتد (*L. belgradiensis* و*L. hyrcanus*)، گیاه موخور (*L. europaeus*) و حشرات گال‌زا به‌عنوان آفت‌ها و عوامل بیماری‌زای اثرگذار بر زوال درختان بلوط در جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس شناخته شده‌اند. در جنگل‌های هیرکانی، قارچ *B. mediterranea* به‌عنوان عامل بیماری‌زای زوال درختان بلوط معرفی شده و در جنگل‌های ارسباران، قارچ‌های *Phytophthora cryptogea*، *Pythium aphanidermatum*، *Armillaria mellea*، *Fusarium* sp.، *Dematophora* sp.، *Trichoderma atroviride*، *T. citrinoviride*، *T. harzianum*، *T. longibrachiatum* و *T. polysporum* معرفی شده‌اند. در جنگل‌های هیرکانی، باکتری *B. goodwinii* به‌عنوان عامل بیماری‌زا زوال درختان بلندمازو معرفی شد. تاکنون ۳۱ مقاله در این باره به چاپ رسیده که بیشتر مطالعات در جنگل‌های زاگرس در مورد گونه برودار بوده است. تنها یک مطالعه در مورد سایر گونه‌های بلوط در زاگرس و همچنین یک پژوهش در مورد بلوط‌های ارسباران و هیرکانی انجام شده است، بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده به آفت‌ها و عوامل بیماری‌زای سایر گونه‌های بلوط در جنگل‌های زاگرس، ارسباران و هیرکانی پرداخته شود.

– تأثیر زوال بر کارکردهای درختان: تاکنون ۱۰ مقاله درباره تأثیر زوال بر کارکردهای درختان به چاپ رسیده که با توجه به تأثیر گسترده پدیده زوال بر کارکردهای گوناگون درختان، نیاز به پژوهش‌های بیشتر درباره این جستار دیده می‌شود. ازجمله پیشنهادها مطالعاتی می‌توان به بررسی تأثیر زوال بر: ۱) کارکردهای اکوهیدرولوژیک جنگل (مانند تعرق، باران‌ربایی، مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج‌پوشش و تنه، نفوذ آب در خاک) و ۲) تثبیت و پایدارسازی خاک توسط ریشه درختان اشاره کرد که می‌تواند در پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرد.

– ارتباط زوال درختان با مشخصه‌های کمی درخت: بیشترین تمرکز مطالعات درباره ارتباط زوال درختان با مشخصه‌های کمی درخت بود (۲۶ مقاله) که بر اساس آن‌ها، رابطه مشخصه‌های کمی درختان با زوال متناقض گزارش شده و نمی‌توان یک نسخه یکسان درباره این ارتباط ارائه داد؛ بنابراین نیاز به پژوهش‌های بیشتر برای رسیدن به قطعیت در این جستار دیده می‌شود.

– ارتباط زوال با ویژگی‌های توده: در یک جمع‌بندی می‌توان بیان کرد که درباره تأثیر مبدأ درختان بر زوال، الگوی پراکنش مکانی درختان زوال‌یافته، تأثیر تیپ‌های جنگلی بر زوال و ارتباط تراکم درختان و انبوهی جنگل با زوال، ۲۱ پژوهش انجام شده که تنها نتایج در دو مورد کپه‌ای بودن الگوی پراکنش درختان زوال‌یافته و رابطه مستقیم تراکم درختان با زوال درختان دارای قطعیت بوده است (منظور از قطعیت این است که تاکنون نقض این یافته‌ها در مقالات به چاپ نرسیده است). همچنین، درباره رابطه آمیختگی جنگل و زوال درختان، تنها یک پژوهش به چاپ رسیده است (۱۲۴) که نمی‌توان با تنها یک پژوهش، به تعمیم‌پذیری این یافته اکتفا کرد و نیاز به پژوهش‌های بیشتر در این بخش دیده می‌شود.

– ارتباط زوال با ویژگی‌های فیزیوگرافی: درباره ارتباط مشخصه‌های فیزیوگرافی و زوال درختان، ۱۳ مقاله به چاپ رسیده است. یافته‌های فیزیوگرافی در بیشتر موارد متناقض بوده و برای همین نمی‌توان آن‌ها را تعمیم داد. به‌طور کلی، متغیرهای فیزیوگرافی یکی از مهم‌ترین منابع ایجاد تغییر در اکوسیستم‌های جنگلی هستند. اگرچه درک شیوه تأثیر متغیرهای فیزیوگرافی به‌دلیل برهم‌کنش عامل‌های مختلف پیچیده است، اما بخش مهمی از آن ناشی از تنظیم نور (جهت و شیب دامنه) و رژیم رطوبتی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت) است. مشخص شدن تأثیر ناشی از این عوامل به شناسایی مناطقی که دچار زوال هستند یا در معرض خطر گسترش پدیده زوال هستند، کمک می‌کند.

– ارتباط زوال با ویژگی‌های خاک: در مورد ارتباط زوال و مشخصه‌های خاک، هشت پژوهش به چاپ رسیده که نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه را الزامی می‌کند. تنها نتیجه‌ای که با قاطعیت می‌توان بیان کرد این است که زوال

درختان در خاک‌های کم‌عمق بیشتر از خاک‌های عمیق بوده است. پیشنهاد می‌شود در آینده به تأثیر زوال درختان بر جمعیت‌های میکروبی، قارچی و باکتریایی که در حاصلخیزی خاک نقش کلیدی دارند، پرداخته شود.

– ارتباط زوال با گذر زمان: تنها یک پژوهش به بررسی دوره‌ای زوال درختان در ناحیه رویشی زاگرس پرداخته و جای خالی پژوهش‌های مشابه در جنگل‌های ارسباران و هیرکانی کاملاً محسوس است.

– تغییر اقلیم و گردوغبار و رابطه آن با زوال: در زمینه تأثیر پارامترهای اقلیمی بر زوال، ۱۴ مطالعه انجام شده است که همگی آن‌ها در ناحیه رویشی زاگرس تمرکز داشته‌اند. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کاهش بارش و افزایش مقادیر دمای هوا، سرعت باد، تشعشع خورشیدی و تبخیر و تعرق سبب افزایش احتمال زوال درختان یا تشدید این پدیده شده است. بررسی رابطه تغییر اقلیم با زوال درختان بلوط در جنگل‌های ارسباران و هیرکانی در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود. همچنین، تأثیر مستقیم گرد و غبار بر زوال درختان، تنها در ناحیه رویشی زاگرس بررسی شده و در پنج مطالعه به اثبات رسیده است.

– مطالعات اجتماعی درباره زوال: برآیند پنج پژوهشی که در این زمینه و آن‌هم تنها در زاگرس انجام شده، بر مشارکت بیشتر مردم محلی برای رویارویی با زوال و تقویت وضع اقتصادی آن‌ها تأکید دارد.

– کاربرد فنون مختلف در پیش‌بینی زوال: برآیند مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، زمین‌آمار و روش‌های مدل‌سازی ترکیبی در محیط GIS، ابزاری مناسب برای شناسایی و پیش‌بینی مناطق زوال‌یافته در ناحیه رویشی زاگرس شناخته می‌شوند و تاکنون ۱۳ مقاله در این موضوعات به چاپ رسیده است.

– اقدامات مدیریتی مؤثر در رویارویی با پدیده زوال: به‌کارگیری بانکت به‌همراه قرق منطقه و شاخه‌بری که با برداشت شاخه‌های غیرزنده همراه است، به‌احتمال فراوان سبب کندتر (و شاید متوقف کردن) بیماری زوال در درختان خواهد شد. همچنین، آگروفارستری و قطع کامل درختان زوال‌یافته به‌عنوان اقدامات مدیریتی ناصحیح برای مقابله با زوال شناخته شدند. در زمینه اقدامات مؤثر در مقابله با پدیده زوال تنها هفت مقاله به چاپ رسیده است که نیاز به بررسی‌های بیشتر درباره این موضوع دیده می‌شود.

آسیب‌شناسی

درخصوص علل زوال بوم‌سازگان‌های جنگلی که پدیده زوال بلوط نیز از آن مستثنی نیست، تئوری‌های مختلفی ازجمله تئوری استرس‌های محیط‌زیستی، تئوری عوامل مستعدکننده، شروع‌کننده و مشارکت‌کننده، تئوری تغییر یا تخریب اقلیم و تئوری اکولوژیکی مطرح شده است. در تمام تئوری‌های فوق یک اصل واحد وجود دارد و آن این است که هرگاه فشار وارد بر جنگل فراتر از آستانه تحمل آن باشد، زوال رخ خواهد داد. امروزه این شرایط در جنگل‌های زاگرس رخ داده است و نتایج عینی آن همانند آنچه در این مقاله بررسی شد، به‌وضوح قابل مشاهده است. آنچه که مسلم است در بین عوامل اثرگذار بر بروز پدیده زوال آن‌دسته از عوامل که شرایط لازم را برای بروز این رخداد فراهم می‌کنند، از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و جایگاه بالاتری دارند. ازجمله این عوامل می‌توان به تغییرات اقلیمی که به اشکال مختلف همانند دوره‌های خشک‌سالی متمادی، کاهش بارش و افزایش طول دوره خشکی نمود پیدا کرده‌اند، اشاره کرد. فشارهای انسانی وارد بر جنگل‌های زاگرس همانند بهره‌برداری‌های سنتی، چرای دام، زراعت زیرآشکوب و تغییر کاربری جنگل نیز همگام با عوامل اقلیمی عمل کرده‌اند، بنابراین بسیار حائز اهمیت هستند. اثرگذاری دو مجموعه عوامل فوق شرایط را برای بروز انواع بیماری‌ها و آفات فراهم کرده که تیر خلاص را به این بوم‌سازگان ارزشمند کشور زده‌اند.

درکل، نظر به اهمیت پدیده زوال بلوط که به یک بحران ملی تبدیل شده است، نیاز است جوانب مختلف این پدیده در هر منطقه با جزئیات بیشتری بررسی شود. همان‌طور که از برآیند پژوهش‌های انجام‌شده مشخص شد، بسیاری از مطالعات نتایج متناقض و متضادی داشته‌اند. این موضوع می‌تواند مؤید دو نکته اساسی در مواجهه با این بحران باشد:

– چندبعدی و پیچیده بودن این پدیده

– پراکنده‌پژوهی

چندبعدی و پیچیده بودن پدیده زوال بلوط جزو اصول و ارکان این بحران است. به‌عبارت دیگر، در دل این پدیده نهفته بوده و جزو ذات آن به‌حساب می‌آید. بنابراین، گریزی از آن نیست و دستیابی به نتایج متناقض و متضاد از ویژگی‌های ذاتی این بحران است، اما نکته‌ای که نباید از آن غافل شد این است که پراکنده‌پژوهی و عدم وجود یک سیاست کلان و ملی در مواجهه با این بحران تناقضات را دوچندان کرده است. هرچند دستگاه متولی اجرایی کشور از همان آغاز بروز بحران در دهه ۸۰ شمسی سعی کرد راهکار و سیاست واحدی را برای مواجهه با این پدیده درپیش گیرد، اما به‌نظر می‌رسد توفیق چندانی در این زمینه به‌دست نیامده است. تصمیم‌سازی بدنه اجرایی کشور و تشریح اهمیت موضوع در سطوح عالی کشور همانند هیئت دولت می‌توانست شرایط را برای پراکنده‌پژوهی سهل کرده و پژوهش در کنار اجرا بتواند با اتخاذ یک برنامه کلان به بررسی جوانب و زوایای مختلف و مبهم آن بپردازد. طبیعی است که اجرای برنامه در سطح کلان می‌توانست منجر به نتایج قطعی‌تر و کامل‌تری شود که در عین پاسخگویی به ابهامات این رخداد بتواند جامعیت نیز داشته باشد. البته به‌نظر می‌رسد طی سال‌های اخیر این مهم در حال شکل‌گیری است و سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور به‌دنبال اتخاذ سیاستی واحد در سطح ملی برای مواجهه با این بحران است.

منابع

1. Aazami, A., A. Hosseni and J. Hoseianzadeh. 2018. The effect of depth and aspect on soil moisture in dieback affected oak forests (Case study: Meleh siah Forest, Ilam Province). Ecology of Iranian Forests, 6(11): 41-50 (In Persian).
2. Ahmadi, E., M. Kowsari, D. Azadfar and G. Salehi Jouzani. 2019. *Bacillus pumilus* and *Stenotrophomonas maltophilia* as two potentially causative agents involved in Persian oak decline in Zagros forests (Iran). Forest Pathology, 49(5): e12541.
3. Ahmadi, R., A.A. Jafarzadeh, H.A. Fathi and J. Nourinezhad. 2018. Monitoring of oak declines in Ilam province using multi temporal satellite images in the Collect Earth. Journal of Forest and Rangeland, 115: 34-41 (In Persian).
4. Ahmadi, R., H. Kiadaliri, A. Mataji and S. Kafaki. 2014. Oak forest decline zonation using AHP model and GIS technique in Zagros Forests of Ilam Province. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 4(3): 141-150.
5. Ahmadi, S., G. Zahedi Amiri and M.R. Marvie Mohadjer. 2016. Mapping Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) mortality using geostatistical methods in Dasht-e Barm, Fars province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(3): 439-450 (In Persian).
6. Akhavan, R., A. Mahdavi and O. Karami. 2016. Spatial patterns and spatial structure of dried trees in Bioreh Forests, Ilam Province. Iranian Journal of Forest, 8(1): 67-78 (In Persian).
7. Akhavan, R., A. Mahdavi and M. Kianfar. 2018. Analysis of the decline status of Zagrosian oak forests using spatial statistics (Case study: Zarab forests of Ilam). Iraninan Journal of Forest and Range Protection Research, 16(2): 129-145 (In Persian).
8. Alexander, J. and C.A. Lee. 2010. Lessons learned from a decade of sudden oak death in California: evaluating local management. Journal of Environmental Management, 46(3): 315-328.
9. Alexandrov, A. and B. Rosnev. 1992. Oak decline in Bulgaria. Forest Science, 1: 3-6.
10. Ali Ahmad Korori, S., M. Ebrahimi Rostaghi, G. Imani, E. Madani Mashaei, B. Jalilpour, J. Nourinezhad, S. Taheri, F. Abdi, H. Soltanlou, M. Teymouri, A. Shirvany, H. Fathi and Y. Rahimi. 2018. The project of rehabilitation management with the help of the local community and identifying the resistant oak trees in Ilam province (the role of dusts in the decline of oak forests); The final results of first part. Journal of Forest and Rangeland, 114: 8-18 (In Persian).
11. Ali Ahmad Korori, S., M. Ebrahimi Rostaghi, G. Imani, E. Madani Mashaei, A. Shirvany, M. Teymouri, R. Ahmadi, H. Fathi, J. Nourinezhad, B. Jalilpour, S. Taheri and F. Abdi. 2015. The project of rehabilitation management with the help of the local community and identifying the resistant oak trees in Ilam province (the role of dusts in the decline of oak forests); First part: Rehabilitation management of oak forests with the help of the local community and identifying the resistant oak trees. Journal of Forest and Rangeland, 106: 6-17 (In Persian).
12. Ali Ahmad Korori, S., E. Madani Mashaei, B. Jalilpour, A. Shirvany, R. Ahmadi, M. Kohzadiyan, H. Fathi, J. Nourinezhad, S. Taheri, M. Ebrahimi Rostaghi and G. Imani. 2016. The project of rehabilitation management with the help of the local community and identifying the resistant oak trees in Ilam province (the role of dusts in the decline of oak forests); Second part: The social and economic potential of ecosystems, scientific and economic utilizations. Journal of Forest and Rangeland, 107: 15-27 (In Persian).
13. Alidadi, A., M.J. Javan-Nikkhah, M. Kowsari and S. Karami. 2018. Some species of fungi associated with declined Persian oak trees in Ilam province with emphasis on new records to mycobiota of Iran. Rostaniha, 19(2): 75-91 (In Persian).
14. Amir Ahmadi, B., R. Zolfaghari and M.R. Mirzaei. 2015. Relation between dieback of *Quercus brantii* Lindl. Trees with ecological and silvicultural factors, (Study area: Dena Protected Area). Ecology of Iranian Forests, 3(6): 19-27 (In Persian).
15. Arzanlou, M., S. Ghasemi Esfahlan, S. Khodaei, M. Tavakoli and A. Babaei-Ahari. 2017. Molecular diagnostics of *Biscogniauxia mediterranea*, the causal agent of charcoal rot disease on oak using species-specific primers. Journal of Applied Researches in Plant Protection, 5(2): 175-186 (In Persian).
16. Ashrafi, J., A. Hosseini, J. Hosseinzadeh and M. Mirabolfathi. 2018. Investigation on oak charcoal disease in dieback affected forests of Ilam province. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 16(1): 1-12 (In Persian).
17. Attarod, P., F. Rostami, A. Dolatshahi, S.M.M. Sadeghi, G. Zahedi Amiri and V. Bayramzadeh. 2016a. Do changes in meteorological parameters and evapotranspiration affect declining oak forests of Iran. Journal of Forest Science, 62(12): 553-561.
18. Attarod, P., S.M.M. Sadeghi, T.G. Pypker and V. Bayramzadeh. 2017. Oak tree decline; a sign of climate variability impacts in the west of Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 15(4): 375-386.
19. Attarod, P., S.M.M. Sadeghi, F. Taheri Sarteshnizi, S. Saroyi, P. Abbasian, M. Masihpoor, F. Kordsetami and A. Dirikvand. 2016b. Meteorological parameters and evapotranspiration affecting the Zagros forests decline in Lorestan province. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 13(2): 98-114 (In Persian).
20. Azizi, Z., Z. Khalili and A. Soltani. 2018. The Effect of Physiographic Factors on Sudden Oak Trees Death (Case Study Area: Barz and Shvrs Watershed). Geospatial Engineering Journal, 9(3): 19-25 (In Persian).

21. Azizi, G., M. Miri, H. Mohamadi and M. Pourhashemi. 2015. Analysis of relationship between forest decline and precipitation changes in Ilam Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(3): 502-515 (In Persian).
22. Badehian, Z., S. Mehdi Karami, M. Rashidi and M. Rajabi. 2018. Effect of the oak decline on the secondary compositions in oak leaves Case study: Zagros forest- Lorestan. Journal of Plant Ecophysiology, 9(32): 236-246 (In Persian).
23. Balci, Y. and E. Halmschlager. 2002. First confirmation of *Phytophthora quercina* in Asia. Plant Diseases, 86(4): 442-443.
24. Balci, Y. and E. Halmschlager. 2003. Phytophthora species in oak ecosystems in Turkey and their association with declining oak trees. Plant Pathology, 52(6): 694-702.
25. Belhoucine, L., R.T. Bouhraoua, M. Meijer, J. Houbraken, M.J. Harrak, R.A. Samson and J. Pujade-Villar. 2011. Mycobiota associated with *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) in cork oak stands of north west Algeria, Africa. African Journal of Microbiology Research, 5(25): 4411-4423.
26. Bendixsen, D.P., S.W. Hallgren and A.E. Frazier. 2015. Stress factors associated with forest decline in xeric oak forests of south-central United States. Forest Ecology and Management, 347: 40-48.
27. Berger, T.W. and G. Glatzel. 1994. Deposition of atmospheric constituents and its impact on nutrient budgets of oak forests (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) in Lower Austria. Forest Ecology and Management, 70: 183-193.
28. Beyranvand, A., P. Atarrod, M. Tavakoli and M.R. Marvi-Mohajer. 2015. The decline of Zagros forest ecosystems; causes, consequences and solutions. Journal of Forest and Rangeland, 106: 18-29 (In Persian).
29. Boshkar, E., E. Sayad and S. Gholami. 2016. The spatial distribution of tree dieback affected by mistletoe in relation to their crown characteristics. Geography and Sustainable of Environment, 5(17): 109-118 (In Persian).
30. Brasier, C.M., F. Robredo and J.F.P. Ferraz. 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. Plant Pathology, 42(1): 140-145.
31. Carlquist, S. 2001. Comparative Wood Anatomy, Springer, Heidelberg.
32. Čater, M. 2015. A 20-year overview of *Quercus robur* L. mortality and crown conditions in Slovenia. Forests, 6(3): 581-593.
33. Catton, H.A., S. StGeorge and W.R. Remphrey. 2007. An evaluation of bur oak (*Quercus macrocarpa*) decline in the urban forest of Winnipeg, Manitoba, Canada. Arboriculture and Urban Forestry, 33(1): 22-30.
34. Darabi, H., S. Gholami and E. Sayad. 2016. Spatial distribution of Oak decline in relation to trees morphologic properties in Zagros forests, Kermanshah. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23(2): 1-22 (In Persian).
35. Davari, M., E. Peyghami, A. Javanshir and T. Ebrahimi. 2003. Investigating the causes of of oak decline (*Quercus macranthera*) in Hatam-Beyg Forest (Ghinraje), Meshkin Shahr. Agriculture Knowledge, 13(3): 1-14 (In Persian).
36. Delatour, C. and M. Morelet. 1991. Current research on oak decline in France, especially on Ophiostomatales. In: Proceeding of an international symposium "Oak decline in Europe". 1990 May 15-18; Komik, Poland, 89-92.
37. Denman, S., S. Kirk and J. Webber. 2010. Managing Acute Oak decline, Forestry Commission, United Kingdom.
38. Derikvand, R. and R. Zolfaghari. 2014. Effects of some ecological factors on seed and germination characteristics of *Cupressus Sempervirens* L. Var. *horizontalis*: A case study in Tange Soulak Forest Reserve, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Iran. Iranian Journal of Applied Ecology, 2(6): 65-74 (In Persian).
39. Dolatshahi, A., P. Attarod, G. Zahedi Amiri, S.M.M. Sadeghi and V. Bayramzadeh. 2017. Trends of meteorological parameters and reference evapotranspiration in the northern Zagros region. Journal of Forest and Wood Products, 70(2): 251-260 (In Persian).
40. Doležal, J., P. Mazůrek and J. Klimešová. 2010. Oak decline in southern Moravia: the association between climate change and early and late wood formation in oaks. Preslia, 82(3): 289-306.
41. Esmaeeli, Z., B. Pilehvar, A. Kaboodi and Z. Mirazadi. 2017. The appropriate sampling method for estimating density and crown canopy of declined oak stands in Dinarkooh Protected Forest, Abdanan, Ilam. Ecology of Iranian Forests, 5(10): 53-60 (In Persian).
42. Fallah, A. and M. Haidari. 2018a. Investigation of oak decline in diameter classes in Sarab-Kazan forests of Ilam. Iranian Journal of Forest, 9(4): 499-510 (In Persian).
43. Fallah, A. and M. Haidari. 2018b. Investigating the oak decline in different crown-dimensions in middle Zagros forests (Case study: Ilam). Ecology of Iranian Forests, 6(12): 9-17 (in Persian).
44. Freer-Smith, P.H. and D.B. Read. 1995. The relationship between crown condition and soil solution chemistry in oak and Sitka spruce in England and Wales. Forest Ecology and Management, 79: 185-195.
45. Gallego, F.J., A.P. De Algaba and R. Fernandez-Escobar. 1999. Etiology of oak decline in Spain. European Journal of Forest Pathology, 29(1): 17-27.
46. Ghadirian, O., M.R. Hemami, A. Soffianian, S. Pourmanaphi, M. Malekian and M. Tarkesh. 2017. Probabilistic prediction of forest decline in Lorestan province using a combined modeling approach. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 15(2): 131-146 (In Persian).

47. Ghanbary, E., M. Tabari Kouchaksaraei, L. Guidi, M. Mirabolfathy, V. Etemad, A.A.M. Modarres Sanavi and D. Struve. 2018. Change in biochemical parameters of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) seedlings inoculated by pathogens of charcoal disease under water deficit conditions. Trees, 32(6): 1595-1608.
48. Ghanbary, E., M. Tabari Kouchaksaraei, M. Mirabolfathy, S.A.M. Modarres Sanavi and M. Rahaie. 2017. Growth and physiological responses of *Quercus brantii* seedlings inoculated with *Biscogniauxia mediterranea* and *Obolarina persi*ca under drought stress. Forest Pathology, 47(5): e12353.
49. Ghasemi-Esfahlan, S., M. Arzanlou and A. Babai-Ahari. 2017. Identification of endophytic Trichoderma species from oak trees in Arasbaran forests using morphological and molecular characteristics. Journal of Applied Researches in Plant Protection, 6(3): 53-66 (In Persian).
50. Ghasemi-Esfahlan, S., M. Arzanlou and M. Tavakoli. 2018. Detection of *Biscogniauxia mediterranea*, one of the causal agents of oak decline in sardasht (West Azarbaijan Province). Iranian Journal of Plant Pathology, 53(3): 349-351 (In Persian).
51. Gheibi, F., E. Pirzadian and M. Movaseghi. 2018. Introducing joint action plan of the Forests, Rangelands and Watersheds Organizatioډ for the Zagros. Journal of Forest and Rangeland, 116: 8-19 (In Persian).
52. Ghobad-Nejhad, M. 2016. *Inonotus krawtzewii* causes noteworthy damage to oak stands in Zagros, western Asia, with a key to morphologically similar species worldwide. Nordic Journal of Botany, 34(4): 470-474.
53. Ghobad-Nejhad, M., R. Meyn and E. Langer. 2018. Endophytic fungi isolated from healthy and declining Persian oak (*Quercus brantii*) in western Iran. Nova Hedwigia, 107(3-4): 273-290.
54. Ghorbani, S., H. Moradnezhadi and M. Heydari. 2017. Investigation on social effects of Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) decline (Case study: Rural areas of Malekshahi county in Ilam province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(3): 431-440 (In Persian).
55. Golmohamadi, F., I. Hassanzad Navroodi, A.E. Bonyad and J. Mirzaei. 2017. Effects of some environmental factors on dieback severity of trees in middle Zagros forests of Iran (Case study: strait Daalaab, Ilam province). Journal of Plant Research, 30(3): 633-643 (In Persian).
56. Goodarzi, M., M. Pourhashemi and Z. Azizi. 2019. Investigation on Zagros forests cover changes under the recent droughts using satellite imagery. Journal of Forest Sicence, 65(1): 9-17.
57. Goodarzi, N., M.R. Zargaran, A. Banj Shafiei and M. Tavakoli. 2016. The effect of geographical directions and location on dispersion of Oak decline, Shurab forest area, Lorestan Province, Iran. Journal of Forest Research and Development, 2(3): 273-287 (In Persian).
58. Gottschalk, K.W. and P.M. Wargo. 1997. Oak decline Around the World, USDA, USA.
59. Goudarzian, P., S.Y. Erfanifard and H. Sadeghi. 2013. Detection and classification of available agroforestry systems in Fars province (Case study: Kazerun City). Journal of Agricultural and Science and Sustainbale Production, 23(1): 55-70 (In Persian).
60. Hagh Doust, N., M. Akbarinia, N. Safaie, H. Yousefzadeh and M. Bálint. 2017. Community analysis of Persian oak fungal microbiome under dust storm conditions. Fungal Ecology, 29: 1-9.
61. Hamzehpour, M., H. Kiadaliri and S.K. Bordbar. 2011. Preliminary study of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) tree decline in Dashte-Barm of Kazeroon, Fars province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 352-363 (In Persian).
62. Hanifeh, S., D. Zafari, M.J. Soleimani and A. Ravanlou. 2019. *Discula quercina* as a possible causal agent of dieback on oak trees in Iran. Forest Pathology, 49(7): e12468.
63. Hartmann, G., R. Blank and S. Lewark. 1991. Oak decline in northern Germany - distribution, symptoms, probable causes. In: Proceeding of an international symposium "Oak decline in Europe". 1990 May 15-18. Kornik, Poland, 69-74.
64. Heshmati, M., M. Gheitouri, Y. Parvizi, M. Ahmadi, M. Shaikhvaisi, M. Arabkhedri, M. Hosini and A. Sahdemani. 2017a. Effect of runoff harvesting trough crescent shaped bounds on oak dieback curtailing and increasing soil organic carbon in the Zagros Forest, Kermanshah, Iran. Journal of Rainwater Catchment Systems, 5(1): 1-10 (In Persian).
65. Heshmati, M., M. Gheitouri, M. Shaikhvaisi, M. Arabkhedri and M. Hosini. 2017b. Combating the forest mortality crises in Zagros regions, Iran through adaptive approaches solutions. Geography and Environmental Hazards, 23(6): 125-141 (In Persian).
66. Heydari Naserabad, S., A. Salehi, Z. Azizi and M. Firoozy Nejad. 2018. Monitoring the decline of Persian oak in Iran using remote sensing- Case study of Basht forest. Lebanese Sicence Journal, 19(1): 67-73.
67. Hosseini, A. 2009. Investigation the affection rate of oak trees to mistletoe, *Loranthus europaeus*, in forests of Zagross area (A case study of Southern slope of Manesht Mountain in Ilam Province). Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 7(1): 26-35 (In Persian).
68. Hosseini, A. 2012. Infestation of forest trees to the borer beetle and its relation to habitat conditions in the Persian oak (*Quercus brantii*) in Ilam Province. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 9(1): 53-66 (In Persian).
69. Hosseini, A. 2014. Effects of some of Persian oak tree and stand characteristics on crown dieback rate in oak forests of medium Zagros. Journal of Zagros Forests Researches, 1(1): 37-50 (In Persian).
70. Hosseini, A. 2015. Leaf morphological and physiological responses of Persian oak trees in oak decline affected stands. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 23(2): 288-298 (In Persian).
71. Hosseini, A. 2016. Investigation and recognition of some ecological characteristics of trees susceptible to dieback in oak forests. Journal of Forest and Rangeland, 109: 73-77 (In Persian).

72. Hosseini, A. 2017. Variability of nitrogen and phosphorous in Persian oak trees and soil of dieback affected stands in Ilam. Journal of Forest and Wood Products, 70(2): 231-240 (In Persian).
73. Hosseini, A. and S.M. Hosseini. 2016. The role of topographic and edaphic factors in mortality of trees in middle Zagros persian oak (*Quercus brantii*) forests. Journal of Zagros Forests Researches, 3(1): 47-58 (In Persian).
74. Hosseini, A., S.M. Hosseini and J.C. Linares. 2017a. Site factors and stand conditions associated with Persian oak decline in Zagros mountain forests. Forest systems, 26(3): 3.
75. Hosseini, A., S.M. Hosseini and J.C. Linares. 2018. Linking morphological and ecophysiological leaf traits to canopy dieback in Persian oak trees from central Zagros. Journal of Forestry Research, 30: 1755-1764.
76. Hosseini, A., S.M. Hosseini, A. Rahmani and D. Azadfar. 2012. Effect of tree mortality on structure of Brant's oak (*Quercus brantii*) forests of Ilam province of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 565-577 (In Persian).
77. Hosseini, A., S.M. Hosseini, A. Rahmani and D. Azadfar. 2013. The role of competition in drought related tree dieback in Persian oak (*Quercus brantii*) forests, central Zagros, Iran. International Journal of Environmental Sciences, 3(6): 2208-2216.
78. Hosseini, A., S.M. Hosseini, A. Rahmani and S. Azadfar. 2014. Comparison between two oak stands (healthy and affected by oak decline) in respect to characteristics of competitive environments at Ilam province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 606-616 (In Persian).
79. Hosseini, A., M. Matinizadeh and A. Shariat. 2017b. Effect of crown dieback intensity on some physiological characteristics of Persian oak trees (*Quercus brantii* var. *persica*). Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 25(1): 57-71 (In Persian).
80. Hosseinzadeh, J. and M. Najafifar. 2016. Study of association between diameter and height of trees and decline distribution in oak forest stands of Ilam province. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23(2): 75-87 (In Persian).
81. Hosseinzadeh, J. and M. Pourhashemi. 2015. An investigation on the relationship between crown indices and the severity of oak forests decline in Ilam. Iranian Journal of Forest, 7(1): 57-66 (In Persian).
82. Hosseinzadeh, J. and M. Pourhashemi. 2017. Emergence of desiccation within Zagros forests decline. Journal of Iran Nature, 2(4): 18-21 (In Persian).
83. Hosseinzadeh, J., A. Aazami and M. Mohammadpour. 2015. Influence of topography on Brant`s oak decline in Meleh-Siah Forest, Ilam Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(1): 190-197 (In Persian).
84. Hyun, I.H. and W. Choi. 2014. *Phytophthora* species, new threats to the plant health in Korea. The Plant Pathology Journal, 30(4): 331-342.
85. Imanyfar, S. and M. Hasanlou. 2017. Remote sensing analysis of the extent and severity of oak decline in Malekshahi city, Ilam, Iran. Journal of Geospatial Information Technology, 4(4): 1-19 (In Persian).
86. Imanyfar, S., M. Hasanlou and V. Mirzaei Zadeh. 2019. Mapping oak decline through long-term analysis of time series of satellite images in the forests of Malekshahi, Iran. International Journal of Remote Sensing, 40(23): 8705-8726.
87. Ja, K.M., L.S. Han and W.S. Young. 2011. Cork oak (*Quercus suber* L.) forest decline in Tunisia: a linkage between physiological adaptation and stress. Scientific Research and Essays, 6(6): 1143-1146.
88. Jahanbazy Goujani, H., Y. Iranmanesh, M. Talebi H. Shirmardi, A. Mehnatkesh, M. Pourhashemi and M. Habibi. 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. Journal of Forest and Wood Products, 71(1): 71-81 (In Persian).
89. Jazirehi, M.H. and M. Ebrahimi Rostaghi. 2013. Silviculture in Zagros. 2nd edition, University of Tehran Press, Tehran, 600 pp (In Persian).
90. Jung, T., I.J. Colquhoun and G.S.J. Hardy. 2013. New insights into the survival strategy of the invasive soilborne pathogen *Phytophthora cinnamomi* in different natural ecosystems in Western Australia. Forest Pathology, 43(4): 266-288.
91. Kamata, N., K. Esaki, K. Kato, Y. Igeta and K. Wada. 2002. Potential impact of global warming on deciduous oak dieback caused by ambrosia fungus *Raffaelea* sp. carried by ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae) in Japan. Bulletin of Entomological Research, 92(2): 119-126.
92. Karami, J. and M.R. Kavosi. 2016. Occurrence of Charcoal disease (*Biscogniauxia mediterranea*) in oak forests. Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources, 5(1): 53-72 (In Persian).
93. Karami, J., M.R. Kavosi and M. Babanezhad. 2015. Spatial pattern and disease severity of charcoal canker in Hyrcanian forests, north of Iran. Journal of Forest Science, 61(6): 261-267.
94. Karami, J., M.R. Kavosi and M. Babanezhad. 2016. Assessment of relationship between host characteristics with the severity and occurrence of charcoal disease in oak forests of Golestan. Iranian Journal of Forest, 8(2): 195-207 (In Pesrian).
95. Karami, J., M.R. Kavosi and M. Babanezhad. 2017a. Epidemiology of oak decline: spatial-temporal mortality pattern of oak in a Golestan chestnut-leaved oak forest (Case study: Qoroq forest park). Journal of Forest and Wood Products, 69(4): 777-788 (In Persian).
96. Karami, J., M.R. Kavosi, M. Babanezhad and K. Kiapasha. 2018a. Integrated management of the charcoal disease by silviculture, chemical and biological methods in forest parks. Journal of Sustainbale Forestry, 37(5): 429-444.

97. Karami, O., A. Fallah, S. Shataei and H. Latifi. 2017b. Investigation on the feasibility of mapping of oak forest dieback severity using Worldview-2 satellite data (Case study: Ilam forests). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(3): 452-462 (In Persian).
98. Karami, O., A. Fallah, S.H. Shataei and H. Latifi. 2018b. Assessment of geostatistical and interpolation methods for mapping forest dieback intensity in Zagros forests. Caspian Journal of Environmental Sciences, 16(1): 73-86.
99. Karamidehkordi, E., R. Mansori Nejad and J. Rahimian. 2017. Participation of rural communities in decision making, monitoring and evaluation of the oak forest trees dieback management in the Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 15(2): 156-175 (In Persian).
100. Kooh Soltani, S., A.A. Alesheikh, B. Ghermezcheshmeh and S. Mehri. 2018. An evaluation of potential oak decline forest of the Zagros using GIS, RS, FAHP methods. Iranian Journal of Ecohydrology, 5(2): 713-725 (In Persian).
101. Lobanov, A.V. and A.A. Rozkov. 1972. Usyhanie v dubravah evropejskoj casti SSSR po rezul'tatam ekspedicionnyh lesopatologiceskih obsledovanij. In: O merah po ulusceniju sostojanija dubrav V evropejskoj casti RSFSR. Puskino, 78-85.
102. Mahdavi, A., V. Mirzaei Zadeh, M. Niknezhad and O. Karami. 2015a. Assessment and prediction of oak trees decline using logistic regression model (Case study: Bivareh forest, Malekshahi-Ilam). Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 13(1): 20-33 (In Persian).
103. Mahdavi, A., J. Mirzaei and O. Karami. 2015b. The status of dead standing trees in Zagros forest (Case study: Bioreh Forests in Ilam Province). Journal of Forest Sustainble Development, 1(4): 329-340 (In Persian).
104. Matisons, R., D. Elferts and G. Brumelis. 2013. Possible signs of growth decline of Pedunculate oak in Latvia during 1980–2009 in treering width and vessel size. Baltic Forestry, 19: 137-142.
105. Mehdi Karami, Sh., A. Ahmadi, F. Jafari Asl and Z. Barani Beiranvand. 2019a. Investigating the effect of gall on some phytoiochemical compounds in *Quercus persica* trees (case study: Blouran area, Lorestan Province). Journal of Plant Research, 31(4): 918-932 (In Persian).
106. Mehdi Karami, Sh., Z. Badehian, A. Ahmadi and M. Rajabi. 2019b. Investigating the Signs of decline and its impact on the total phenolic compounds, flavonoids and protein of the leaves *Quercus brantii* (Case Study: Lorestan province). Journal of Plant Ecosystem Conservation, 6(13): 155-176 (In Persian).
107. Mirabolfathi, M. 2013. Outbreak of charcoal disease on *Quercus* spp and *Zelkova carpinifolia* trees in forests of Zagros and Alborz mountains in Iran. Iranian Journal of Plant Pathology, 49(2): 257-263 (In Persian).
108. Mirabolfathy, M., J.Z. Groenwald and P.W. Crous. 2011. The occurence of charcoal disease caused by *Biscogniauxia mediterranea* on chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia*) in the Golestan forest of Iran. Plant Disease, 95(7): 876.
109. Misik, T., K. Varga, Z. Veres, I. Kárász and B. Tóthmérész. 2013. Long-term response of understorey cover, basal area and diversity to stand density in a mixed oak forest on the Síkfőkút plot in Hungary. Journal of Forest Science, 59(8): 319-327.
110. Modaberi, A. and J. Mirzaei. 2017. Study of decline effect on structure of central Zagros forests. Journal of Forest Research and Development, 2(4): 325-336 (In Persian).
111. Modaberi, A. and J. Soosani. 2016. Dynamic assessment of changes in the statistical distribution of the canopy in the central Zagros forests with impact of the decline (Case study: Dadabad- Lorestan). Journal of Forest Research and Development, 2(1): 73-83 (In Persian).
112. Modaberi, A., J. Soosani and S. Khosravi. 2015. Effect of the decline on changes in the statistical distribution of hight breast diameter in the central Zagros forests (Case study: Lorestan-Ilam). Zagros Forset Researches, 2(1): 105-117 (In Persian).
113. Moradi-Amirabad, Y., H. Rahimian, V. Babaeizad and S. Denman. 2019. *Brenneria* spp. and *Rahnella victoriana* associated with acute oak decline symptoms on oak and hornbeam in Iran, Forest Pathology, 49(4): e12535.
114. Najafi Harsini, F., R. Oladi and K. Pourtahmasi. 2018. The mutual relationship between earlywood vessel features of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) and tree mortality. Iranian Journal of Forest, 10(2): 167-179 (In Persian).
115. Najafifar, A., J. Hoseinzadeh, M. Pourhashemi and A. Hosseini. 2018. Investigation on the role of sanitary cuts in survival and vitality of exposed dieback Persian oak trees in Zagros forests (Case study, Melahsiah Forest, Ilam Township). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 25(3): 49-60 (In Persian).
116. Najafifar, A., J. Hosseinzadeh and A. Karamshahi. 2019. In the woodland dieback of arid and semi-arid ecosystems: A case study in Zagros woodlands of Ilam Province, Iran. Journal of Landscape Ecology, 12(2): 79-91.
117. Naseri Karimvand, S., L. Poursartip, M. Moradi and J. Susani. 2017. Comparing the impact of climate variables on healthy and declined stands of Persian oak (*Quercus branttiiii* Liindll.) in the "Khorram Abad". Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7(4): 591-600 (In Persian).
118. Naseri, B., J. Mirzaei, H.R. Naji and M. Pourhashemi. 2018. The effects of Continental mistletoe (*Loranthus europeaus*) on the nutrient absorption of Brant`s oak (*Quercus brantii*), Montpellier maple (*Acer monspessulanum*), and mountain almond (*Amygdalys elaeagnifolia*) in different habitates in Zagros forest. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 6(12): 1-22 (In Persian).

119. Nassaji-Zavareh, M., A. Abdollahzadeh and M. Elahi. 2017a. Determination of the effect of some climate factors on the forest decline using PCAGIS method (Case study: Kermanshah city). Journal of Forest and Rangeland, 112: 32-38 (In Persian).
120. Nassaji-Zavareh, M., R. Khanjanzadeh Kakroud and A. Ghasemi. 2017b. Climatic data integration and remote sensing in order to monitor oak declne status (Case study: Ilam region). Geography, 14(51): 387-397 (In Persian).
121. Nouri, E., M. Matinizadeh, A.R. Moshki, T. Ensafi Moghadam and M. Rahimi. 2016. Evaluating the amount of heavy metals in dusts and their absorption by Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) (Case study: Meleh Siah, Ilam). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(4): 605-616 (In Persian).
122. Oosterbaan, A. and G.J. Nabuurs, 1991. Relationships between oak decline and groundwater class in the Netherlands. Plant and Soil, 136(1): 87-89.
123. Panahi, P. and Z. Jamzad. 2017. The conservation status of oak species of Iran. Journal of Iran Nature, 2(1): 82-91 (In Persian).
124. Parvaneh, E., V. Etemad, M.R. Marvie Mohajer, G. Zahedi Amiri and P. Atarrod. 2016. The relationships between the rate of oak trees decline and forest types, soil characteristics and topographic conditions in Ghalaje Forests of Kermanshah, west of Iran. Iranian Journal of Forest, 8(3): 263-275 (In Persian).
125. Pedram, M., M. Pourhashemi, J. Hosseinzadeh and D. Koolivand. 2018. Comments on taxonomic status and host association of some *Laimaphelenchus* spp. (Rhabditida: Aphelenchoidea). Nematology, 20(5): 483-489.
126. Pourhashemi, M., H. Jahanbazi Goujani, J. Hoseinzadeh, S.K. Bordbar, Y. Iranmanesh and Y. Khodakarami. 2017a. The history of oak decline in Zagros forests. Iran Nature, 2(1): 30-37 (In Persian).
127. Pourhashemi, M., A.A. Masoumi, M.R. Marvi Mohajer, K. Sagheb Talebi, F. Ghasriani, E. Azizkhani, P. Parhizkar, J. Hoseinzadeh, S.K. Bordbar, H. Jahanbazi Goujani, M. Tavakkoli, Y. Khodakarami, M. Ebrahimi Rostaghi, K. Pourmoghaddam and M. Khanjanzadeh. 2017b. Control of the decline of Zagros forests depends on the implementation of the action plan. Iran Nature, 2(2): 14-19 (In Persian).
128. Prpic, B. and D. Raus. 1987. Oak decline in Croatia in the light of ecological and vegetation studies. Osterreichische Forstzeitschrift, 98: 55-57.
129. Ragazzi, A., I.D. Fedi and L. Mesturino. 1989. The oak decline: a new problem in Italy. European Journal of Forest Pathology, 19(2): 105-110.
130. Ramirez Correa, L.A. 1988. Agentes causales del secamiento del roble (*Quercus humboldtii*) en el norte de Antioquia. Servicio Nacinoale de Proteccion Forestal, 2: 9-14.
131. Rostamian, M., M.R. Kavosi, E. Bazgir and M. Babanejad. 2017. The relationship between oak charcoal disease (*Biscogniauxia mediterranea*) and borer beetles in the Zagros forests, Khorram Abad. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 24(3): 127-142 (In Persian).
132. Rostamian, M., M.R. Kavosi, E. Bazgir and M. Babanezhad. 2019. Investigation of physiological changes in the affected *Quercus brantii* stand by oak charcoal disease. Journal of Forest Science, 65(3): 106-112.
133. Rostamnia, M. and M. Akhoondzadeh Hanzaei, 2016. Assessment of hazardous drought of Ilam province forests using landsat satellite images. Journal of Geomatic Science and Technology, 6(2): 131-144 (In Persian).
134. Sabernasab, M., S. Jamali, A. Marefat and S. Abbasi. 2019. Molecular and pathogenic characteristics of *Paecilomyces formosus*, a new causal agent of oak tree dieback in Iran, Forest Science, DOI: 10.1093/forsci/fxz045.
135. Sadravi, M. and N. Moradi. 2017. Four important oak diseases in Iran. Plant Pathology Science, 6(2): 14-23 (In Persian).
136. Safaee, D., S.A. Khodaparast, M. Mirabolfathy and S. Mousanejad. 2017. Relationship between dieback of Persian oak (*Quercus brantii*) and apparent and latent infection of *Biscogniauxia mediterranea* in Zagros forests. Iranian Journal of Plant Pathology, 52(4): 535-549 (In Persian).
137. Sagheb Talebi, K., T. Sajedi and M. Pourhashemi. 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer.
138. Saniga, M., M. Balanda, S. Kucbel and J. Pittner. 2014. Four decades of forest succession in the oak-dominated forest reserves in Slovakia. Forest, 7(5): 324-332.
139. Selochnik, N.N., N.V. Pashenova, E. Sidorov, M.J. Wingfield and R. Linnakoski. 2015. Ophiostomatoid fungi and their roles in *Quercus robur* die-back in Tellermann forest, Russia. Silva Fennica, 49(5): 1-16.
140. Sieber, T.N., T. Kowalski and O. Holdenrieder. 1995. Fungal assemblages in stem and twig lesions of *Quercus robur* in Switzerland. Mycological Research, 99(5): 534-538.
141. Şimonca, V. and I. Tăut. 2010. Oaks decline in the north and west of Transylvania. ProEnvironment Promediu, 3(5): 17-22.
142. Siwecki, R. and K. Ufnalski. 1998. Review of oak stand decline with special reference to the role of drought in Poland. European Journal of Forest Pathology, 28: 99-112.
143. Sohar, K., S. Helama, A. Läänelaid, J. Raisio and H. Tuomenvirta. 2014. Oak decline in a southern Finnish forest as affected by a drought sequence. Geochronometria, 41(1): 92-103.
144. Soleymani, H., S.R. Fallah Shamsi, S. Ahmadi and M. Boustani. 2015. Evaluation of bark beetle damage in the decline of *Quercus persica* Forests (Case study: Barm Plain, Fars province). Journal of Forest and Rangeland, 105: 50-54.
145. Sonesson, K. 1999. Oak decline in southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 14: 368-375.

146. Stojanović, D., T. Levanič, B. Matović and A. Bravo-Oviedo. 2015. Climate change impact on a mixed lowland oak stand in Serbia. Annals of Silvicultural Research, 39(2): 94-99.
147. Taghvayipour, E., A. Salehi and Y. Askari. 2016. Distribution pattern of declined Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in forests of Tol-e Ghah, Yasuj. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(1): 53-64 (In Persian).
148. Tainter, F.H., J.G. O'brien, A. Hernandez, F. Orozco and O. Rebolledo. 2000. *Phytophthora cinnamomi* as a cause of oak mortality in the state of Colima. Mexico, Plant Disease, 84(4): 394-398.
149. Tsopelas, P., B. Slippers, Z. Gonou-Zagou and M.J. Wingfield. 2010. First report of *Diplodia corticola* in Greece on kermes oak (*Quercus coccifera*). Plant Pathology, 59(4): 805-805.
150. Vansteenkiste, D., L. Tirry, J. Van Acker and M. Stevens. 2004. Predispositions and symptoms of Agrilus borer attack in declining oak trees. Annals of Forest Science, 61(8): 815-823.
151. Zakeri Anaraki, S. and S.R. Fallah Shamsi. 2014. An investigation on Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) single tree defoliation mapping, using Rapideye and Aster-L1B satellite imageries. Iranian Journal of Forest, 5(4): 443-456 (In Persian).
152. Zakeri, F., S.M. Hojjati, H. Kiadaliri and A. Fallah. 2015. Effects of understory cultivation on the quantitative and qualitative characteristics of oak stands of Southern Zagros in Barm plain, Fars province Iranian Journal of Forest, 7(1): 99-109 (In Persian).
153. Zandebasiri, M., J. Soosani and M. Pourhashemi. 2017a. Evaluation of natural and social problems with DPSIR framework in Zagros forests decline Iran, Bioscience Biotechnology Research Communications, 10(2): 58-62.
154. Zandebasiri, M., J. Soosani and M. Pourhashemi. 2017b. Evaluation of the crisis severity in forests of Kohgiluye and Boyerahmad province (Case study: Tang-e Solak) Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(4): 665-674 (In Persian).
155. Zandebasiri, M., J. Soosani and M. Pourhashemi. 2017c. Evaluating strategies in environmental crisis of Zagross forests of Iran. Applied Ecology and Environmnetal Research, 15(3): 621-632.
156. Zargaran, M.R., N. Goudarzi, A. Banj Shafiei and M. Tavakoli. 2018. The role of charcoal desease and wood borers on *Quercus brantii* Lindl. decline under different physiographical conditions. International Journal of Environmental Science and Technology, DOI: 10.1007/s13762-018-1955-9.
157. Zhu, W.Z., J.S. Xiang, S.G. Wang and M.H. Li. 2012. Resprouting ability and mobile carbohydrate reserves in an oak shrubland decline with increasing elevation on the eastern edge of the Qinghai–Tibet Plateau. Forest Ecology and Management, 278: 118-126.
158. Zolfaghari, R., R. Derikvand, R. Naghiha and P. Fayyaz. 2015. Comparison of genetic diversity of dieback and healthy Cypress (*Cupressus sempervirens* L. Var. *horizontalis*) at different altitudes using seed storage proteins. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 23(2): 277-287 (In Persian).
159. Zolfaghari, R., Z. Karimi, F. Dalvand, M. Abdollahi and P. Fayyaz. 2018. Interactive effect of water deficit and pathogen on leaf and stomata morphology in offspring of healthy and declined trees of *Quercus brantii* Lindl. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 25(1): 133-148 (In Persian).

A Review on Ecological Causes of Oak Decline Phenomenon in Forests of Iran

Mehdi Pourhashemi[1] and Seyed Mohammad Moein Sadeghi[2]

1- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, (Corresponding author: pourhashemi@rifr-ac.ir)
2- Ph.D, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
Received: September 6, 2019 Accepted: December 11, 2019

Abstract

In this study, all the papers about oak decline phenomena in forests of Iran have been reviewed. One hundred and twelve papers from 51 journals were reviewed, and the information presented in each paper was analyzed and finally summarized. Eighty seven percent of the papers were about Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.). Most of the studies were focused on the pest and desease of oak decline. The relationship between decline and quantitative characteristics of trees has conflicting results. Concerning the relationship between decline and stand characteristics, only in two cases, the results were certain: the clump pattern of delined trees and the direct relationship between stand density and oak decline. The findings were contradictory in most cases about the relationship between the physiographic characteristics and the decline of trees. The certain result about the relation between decline and soil properties was that the decline of trees in shallow soils was more than deep soils. Regarding to climatic research, precipitation reduction and an increase of air temperature, wind speed, solar radiation, evapotranspiration, and dust increased the probability of decline or intensification of the phenomenon. Furthermore, the contribution of local people to confront the oak decline and reinforcing of their economies was emphasized in various studies. According to the literature reviews, the use of crescent-shaped bound with preservation of region, and the sanitation cutting of branches will be more likely to decrease the process of decline in trees. Overall, publishing papers suggest two important features of the oak decline phenomenon, including multidimensionality, complexity and sporadic research. Also, it seems that as time passed, the range of areas affected by this phenomenon has increased and the lack of essential research about this phenomenon is felt.

Keywords: Brant's oak, Dieback, Forest Ecology, Forest of Iran, Oak Decline