

(OPEN ACCESS)

The relation between quantitative characteristics and habitat conditions of juniper trees and the severity of infection to the *Arceuthobium oxycedri* semi-parasitic plant

Ebrahim Sadeghi¹, Mohammad Reza Kavousi^{*2}, Alireza Aliarab³

1. Ph.D. Student, Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran. E-mail: sadeghi1221@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran. E-mail: kavousi@gau.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran. E-mail: aliarab@gau.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: <i>Juniperus</i> spp., a valuable species, are widely distributed in Iran and play a crucial role in preserving mountain ecosystems, mitigating soil erosion, and conserving biodiversity. However, juniper forests are under threat due to various factors, including drought, livestock grazing, fire, and rural land development. One of the most significant threats is the spread of the hemiparasitic plant <i>Arceuthobium oxycedri</i> , which absorbs water and nutrients from host trees, resulting in physiological weakness, reduced growth, and increased susceptibility to pests and diseases. This study was conducted to investigate the relationship between the severity of juniper tree infestation by <i>A. oxycedri</i> and habitat factors (including altitude above sea level) and quantitative characteristics of host trees, to identify effective factors and provide appropriate management strategies for controlling this hemiparasitic plant.
Article history: Received: 06.02.2025 Revised: 09.24.2025 Accepted: 10.06.2025	
Keywords: Dwarf mistletoe, Forest conservation, Hemiparasitic plant, Juniper habitat	Materials and Methods: This study was conducted in an area located northwest of Chaharbagh village (Golestan province). To investigate the effect of altitude on Juniper contamination, three elevation points (2200, 2400, and 2600 meters) were selected. In each layer, 20 circular sample plots (1000 square meters) were randomly and systematically implemented, and quantitative characteristics of trees (such as collar diameter, height, stem volume, canopy cover) and severity of Juniper contamination were recorded in five ranks: rank 1 (60 to 100 percent damage), rank 2 (30 to 59 percent damage), rank 3 (5 to 29 percent damage), rank 4 (less than 5 percent damage), and rank 5 (healthy and undamaged base). Finally, the data were analyzed using one-way analysis of variance, independent t-test, and logistic regression.
	Results: The results showed that with increasing altitude above sea level, quantitative characteristics of juniper trees, including height, diameter, stem volume, and crown cover, increased significantly. Also, the percentage and severity of infection with Dwarf mistletoe were 1.92 and 2.25 times higher at an altitude of 2600 meters compared to 2200 meters,

respectively. Infected trees had greater collar diameter, height, stem volume, and crown area compared to healthy trees. Logistic regression analysis showed that there was a significant negative relationship between the height coefficient, stem volume, crown area, and tree vigor with the probability of infection with Dwarf mistletoe. Additionally, infection was evident in all directions of the tree (especially at higher altitudes).

Conclusion: This study showed that juniper trees with larger and older dimensions are more susceptible to Dwarf mistletoe attack. Increasing altitude above sea level was also associated with an increase in the severity of the presence of this semi-parasitic plant, which is probably due to harsh environmental conditions and reduced resistance of trees at higher altitudes. Given the important ecological role of juniper forests, it is suggested that biological control methods (such as the use of specific fungal agents or insects) be considered for managing juniper populations. Also, protecting young trees and implementing continuous monitoring programs in high-altitude habitats can be effective in reducing the damage caused by this semi-parasitic plant.

Cite this article: Sadeghi, Ebrahim, Kavousi, Mohammad Reza, Aliarab, Alireza. 2025. The relation between quantitative characteristics and habitat conditions of juniper trees and the severity of infection to the *Arceuthobium oxycedri* semi-parasitic plant. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 32 (2), 67-84.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwfst.2025.23724.2117

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ارتباط مشخصات کمی و شرایط رویشگاهی درختان ارس کوهی (*Juniperus spp.*) با شدت ابتلا به گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb)

ابراهیم صادقی^۱، محمدرضا کاوسی^{۲*}، علیرضا علی‌عرب^۳

۱. دانشجوی دکتری جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: sadeghi1221@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: kavousi@gau.ac.ir
۳. دانشیار گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: aliarab@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: جنس ارس (<i>Juniperus spp.</i>) به‌عنوان یکی از گونه‌های باارزش، پراکنش گسترده‌ای در ایران دارد و نقش مهمی در حفظ اکوسیستم‌های کوهستانی، جلوگیری از فرسایش خاک و حفظ تنوع زیستی ایفا می‌کند. بااین‌حال، جنگل‌های ارس به دلیل عوامل مختلفی از جمله خشک‌سالی، چرای دام، آتش‌سوزی و توسعه اراضی روستایی در معرض تهدید قرار گرفته‌اند. یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده، گسترش گیاه نیمه‌انگل <i>Arceuthobium oxycedri</i> (ارس‌واش) است که با جذب آب و مواد غذایی از درختان میزبان، موجب ضعف فیزیولوژیک، کاهش رشد و افزایش حساسیت آن‌ها به آفات و بیماری‌ها می‌شود. این پژوهش باهدف بررسی ارتباط بین شدت آلودگی درختان ارس به ارس‌واش و عوامل رویشگاهی (از جمله ارتفاع از سطح دریا) و مشخصات کمی درختان میزبان انجام شد تا با شناسایی عوامل مؤثر، راهکارهای مدیریتی مناسب برای کنترل این گیاه نیمه‌انگل ارائه گردد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴	
واژه‌های کلیدی: ارس‌واش، حفاظت جنگل، رویشگاه ارس، گیاه نیمه‌انگل	مواد و روش‌ها: این پژوهش در منطقه‌ای واقع در شمال‌غربی روستای چهارباغ (استان گلستان) صورت گرفت. برای بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر آلودگی ارس‌واش، سه نقطه ارتفاعی (۲۲۰۰، ۲۴۰۰ و ۲۶۰۰ متر) انتخاب شد. در هر طبقه، ۲۰ قطعه نمونه دایره‌ای (۱۰۰۰ مترمربعی) به‌صورت تصادفی- سیستماتیک پیاده‌سازی و مشخصه‌های کمی درختان (مانند قطر یقه، ارتفاع، حجم ساقه، تاج‌پوشش) و شدت آلودگی به ارس‌واش در پنج رتبه شامل رتبه ۱

(خسارت ۶۰ تا ۱۰۰ درصد)، رتبه ۲ (خسارت ۳۰ تا ۵۹ درصد)، رتبه ۳ (خسارت ۵ تا ۲۹ درصد)، رتبه ۴ (خسارت زیر ۵ درصد) و رتبه ۵ (پایه سالم و بدون آسیب) ثبت شد و در نهایت داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه، t مستقل و رگرسیون لجستیک تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مشخصه‌های کمی درختان ارس از جمله ارتفاع، قطر، حجم ساقه و پوشش تاجی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. هم‌چنین، درصد و شدت آلودگی به ارس‌واش در ارتفاع ۲۶۰۰ متری نسبت به ۲۲۰۰ متر به ترتیب ۱/۹۲ و ۲/۲۵ برابر بیش‌تر بود. درختان آلوده در مقایسه با درختان سالم، دارای قطر یقه، ارتفاع، حجم ساقه و سطح تاج بیش‌تری بودند. تحلیل رگرسیون لجستیک نشان داد که بین ضریب قدکشیدگی، حجم ساقه، سطح تاج و شادابی درختان با احتمال آلودگی به ارس‌واش ارتباط منفی معنی‌دار وجود دارد. هم‌چنین، آلودگی در تمام جهات درخت (به‌ویژه در ارتفاعات بالاتر) مشهود بود.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که درختان ارس با ابعاد بزرگ‌تر و مسن‌تر، بیش‌تر در معرض حمله ارس‌واش قرار دارند. افزایش ارتفاع از سطح دریا نیز با افزایش شدت حضور این گیاه نیمه‌انگل همراه بود که احتمالاً به دلیل شرایط سخت محیطی و کاهش مقاومت درختان در ارتفاعات بالاتر است. با توجه به نقش اکولوژیک مهم جنگل‌های ارس، پیشنهاد می‌شود روش‌های کنترل بیولوژیک (مانند استفاده از عوامل قارچی یا حشرات اختصاصی) برای مدیریت جمعیت ارس‌واش در نظر گرفته شود. هم‌چنین، حفاظت از درختان جوان و اجرای برنامه‌های پایش مستمر در رویشگاه‌های مرتفع می‌تواند در کاهش خسارات ناشی از این گیاه نیمه‌انگل مؤثر باشد.

استناد: صادقی، ابراهیم، کاوسی، محمدرضا، علی‌عرب، علیرضا (۱۴۰۴). ارتباط مشخصات کمی و شرایط رویشگاهی درختان ارس کوهی (*Juniperus spp.*) با شدت ابتلا به گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb). نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۳۲ (۲)، ۸۴-۶۷.

DOI: 10.22069/jwfst.2025.23724.2117



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

جنس سرو کوهی (*Juniperus* spp.) از مهم‌ترین گونه‌های سوزنی‌برگ ایران می‌باشد. این جنس حدود ۶۰ گونه و تعداد زیادی زیرگونه دارد که بعد از جنس‌های *Pinus* و *Podocarpus* بیش‌ترین تعداد گونه و زیرگونه از سوزنی‌برگان را به خود اختصاص داده است (۱). ارس (*Juniperus excelsa*) از سوزنی‌برگان باارزش است که بعد از بنه بیش‌ترین پراکنش را در میان درختان بومی ایران دارد (۲). از نظر شرایط رویشگاهی و ناحیه پراکنش، ارس از گونه‌های درختی ارتفاعات ناحیه رویشی ایران و تورانی است و در شیب‌های جنوبی البرز (ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۲۵۰۰ متر)، مناطق مرکزی زاگرس (ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) و مناطق جنوبی کشور (ارتفاع ۳۴۰۰ به بالا) به‌صورت توده‌های تنک و پایه‌های پراکنده حضور داشته و مساحتی بالغ بر ۳/۱ میلیون هکتار را در برمی‌گیرد (۳). یکی از مهم‌ترین دلایل پراکنش جنگل‌های ارس در اغلب رویشگاه‌های کشور، مقاومت زیاد این‌گونه درختی دیرزیست به شرایط کم‌آبی، سرما، یخبندان، خشکی هوا و تغییرات اقلیمی است که امکان حضور در نواحی مرتفع کوهستانی، صخره‌ها، شیب‌های تند، خاک‌های سنگلاخی و کم‌عمق را برای آن فراهم نموده است (۴). درگذشته جنگل‌های ارس در بیش‌تر مناطق رویشی ایران از تراکم و انبوهی زیادی برخوردار بودند، اما امروزه به‌دلیل خشکسالی، توسعه اراضی روستایی، ایجاد تفرجگاه، مراقبت‌نکردن از توده‌های جنگلی باقی‌مانده، چرای دام و آتش‌سوزی به‌صورت کم‌پشت و پراکنده درآمده است (۵). یکی از مهم‌ترین خطراتی که امروزه جنگل‌های ارس را به‌طورجدی تهدید می‌کند، گسترش روزافزون گونه‌ای از داروآش‌های پاکوتاه با نام علمی *Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb است که در ایران بیش‌تر با نام ارس‌واش شناخته می‌شود.

ارس‌واش گیاهی نیمه‌انگل از خانواده *Santalaceae* که اغلب به درختان سوزنی‌برگ خانواده *Cupressaceae* آسیب می‌رساند و در حال حاضر ۴۵ گونه پذیرفته‌شده در جهان دارد (۳). این گیاه دارای برگ‌های فلس مانند، ساقه‌های بندبند، گل‌های تک‌جنسی و دویایه است که به دلیل غلظت بسیار کم کلروفیل در برگ و ساقه‌ها، در برخی منابع آن را گیاهی تمام انگلی نیز خوانده‌اند (۱). ارس‌واش‌ها ریشه واقعی ندارند و از طریق بافت‌های پارانشیمی به نام هاستوریوم^۱ به درون شاخه‌های گیاه میزبان نفوذ کرده و علاوه‌بر جذب آب و املاح معدنی از آوندهای چوبی، مواد غذایی، قندها و ترکیبات سینتتیک را از آوندهای آبکش گیاه میزبان دریافت می‌کنند که سبب کاهش رویش و بذردهی گیاه میزبان، کاهش کیفیت چوب تولیدی، ضعف فیزیولوژیک و افزایش حساسیت درختان میزبان در برابر حمله آفات و بیماری‌ها می‌گردد (۶). براساس مطالعات، بیش‌ترین پراکنش ارس‌واش در مناطق خشک جهان بوده است. در ایران آلودگی درختان ارس به ارس‌واش در مناطق ایران-تورانی شامل بخشی از البرز شرقی و نیز دامنه‌های جنوبی البرز و همچنین بخش‌هایی از ارتفاعات زاگرس گزارش شده است (۳). اخیراً نیز گزارشی در مورد ابتلای درختان پیرو (*Juniperus communis*) شهرستان کلپیر در ناحیه رویشی ارسباران منتشر گردیده است (۷). این گزارش‌ها، لزوم توجه هرچه بیش‌تر به پراکنش گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش و مطالعه عوامل محیطی مؤثر بر آن را مورد تأکید قرار می‌دهند. بسیاری از مطالعات صورت‌گرفته در این زمینه حضور و شدت آلودگی به ارس‌واش را به عوامل اقلیمی، اداپتیکی و فیزیوگرافی مرتبط دانسته‌اند. به‌طوری‌که نوع خاک، ارتفاع از سطح دریا و جهت شیب بر حضور و شدت پراکنش آن مؤثر بوده است (۳، ۸، ۹).

1- Haustorium

مواد و روش‌ها

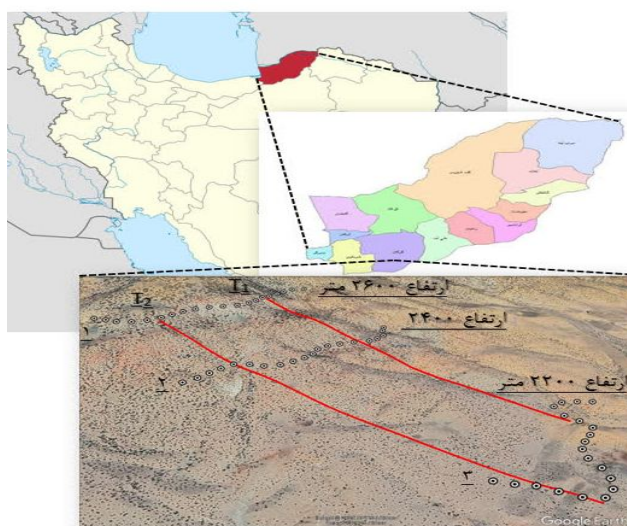
منطقه مورد مطالعه: در شمال غربی روستای چهارباغ در استان گلستان قرار دارد و در محدوده جغرافیایی $28^{\circ} 39' 54''$ تا $28^{\circ} 39' 36''$ شمالی و $54^{\circ} 39' 28''$ تا $54^{\circ} 43' 33''$ شرقی واقع شده است. این منطقه جزء ناحیه رویشی ایرانی- تورانی کوهستانی که مساحت پوشش درختی ارس آن در حدود ۱۱۰۰۰ هکتار برآورد می‌شود. دارای متوسط بارندگی ۳۴۸ میلی‌متر که بیش‌تر بارش‌ها در فصل زمستان و به شکل برف می‌باشد. دمای متوسط سالانه $6/5$ درجه سانتی‌گراد و اقلیم منطقه سرد و مدیترانه‌ای است (۱۳). کم‌ترین درجه حرارت ماهانه $2/8$ - درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین درجه حرارت متوسط ماهانه $17/3$ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاک منطقه سیلتی- لومی و اسیدیته خاک $7/4$ تا $7/8$ و میانگین ماده آلی آن حدود ۲ درصد برآورد شده است. شوری خاک حدود $1574 - 524$ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و وزن مخصوص ظاهری خاک منطقه بین $1/1$ تا $1/9$ گرم بر سانتی‌مترمربع است (۱۴).

روش پژوهش: پس از بازدیدهای میدانی و انتخاب منطقه پژوهش و باتوجه به اهداف تحقیق، دامنه ارتفاعی از ۲۲۰۰ متری از سطح دریا تا ۲۶۰۰ متری از سطح دریا و در سه طبقه ارتفاعی ۲۲۰۰ متر، ۲۴۰۰ متر و ۲۶۰۰ متر از سطح دریا انتخاب گردید. به‌منظور آماربرداری و پیاده‌سازی قطعات نمونه، ابتدا دو ترانسکت با نقطه شروع تصادفی و به فاصله ۳۰۰ متر از یکدیگر در امتداد شیب غالب دامنه پیاده‌سازی شد. به‌طوری‌که نقطه شروع ترانسکت در ارتفاع ۲۲۰۰ متری و انتهای آن در ارتفاع ۲۶۰۰ متر از سطح دریا قرار داشت. سپس در هر یک از طبقات ارتفاعی، تعداد ۲۰ قطعه نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در راستای خطوط هم‌ارتفاع منحنی تراز منطقه به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. طوری که در

بررسی‌ها نشان داده است که درختان سالم (عاری از صدمات فیزیکی و آفات و بیماری‌ها) و پایه‌های مستقر در توده‌های حاصلخیز مقاومت بیش‌تری در برابر آلودگی به ارس‌واش نشان دادند، ولی ممکن است دچار خشکیدگی سرشاخه‌ها شوند (۱۰). هم‌چنین پژوهش‌گران به این نتیجه رسیدند که درختان ارس قطورتر و مستقر در ارتفاعات بالاتر منطقه، حساسیت بیش‌تری نسبت به ابتلا به گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش دارند و جنسیت و جهت دامنه تأثیری در ابتلا به بیماری ارس‌واش ندارد (۳). علاوه بر این، مطالعات نشان داده است که توپوگرافی منطقه می‌تواند پراکنش درختان مبتلا به ارس‌واش و هم‌چنین شدت ابتلا به این بیماری را تحت تأثیر قرار دهد (۱۱). باتوجه به نقش بسیار مهم جنگل‌های ارس در تأمین منابع آب زیرزمینی، ممانعت از فرسایش خاک، حفظ و افزایش تنوع زیستی، جذب دی‌اکسیدکربن دارد (بیش از ۴ تن در هکتار) پخش سیلاب و جلوگیری از ایجاد سیل، شناسایی عوامل مؤثر بر استقرار ارس‌واش می‌تواند نقش مؤثری در پیش‌بینی اقدامات حفاظتی و برآورد میزان خسارت وارده توسط این گیاه به درختان ارس منطقه داشته و زمینه کنترل این گیاه نیمه انگل را فراهم نماید (۱۲). با استفاده از اطلاعات حاصل می‌توان ضمن شناسایی و اولویت‌بندی دقیق‌تر رویشگاه‌ها و درختان در معرض آسیب ارس، اقدامات مراقبتی لازم جهت کنترل گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش را در منطقه سازمان‌دهی و اجرا نمود. این پژوهش در نظر دارد باهدف شناسایی و معرفی عوامل رویشگاهی مؤثر در پراکنش ارس‌واش در یک گرادیان ارتفاعی، ارتباط شدت ابتلای درختان ارس منطقه مورد مطالعه را با شرایط رویشگاهی و مشخصات کمی درختان میزبان را موردبررسی قرار داده و مدلی برای پیش‌بینی پراکنش ارس‌واش در منطقه مورد مطالعه فراهم آورد.

حجم تنه تمامی درختان موجود در پلات ضرب در عدد ۱۰، میانگین سطح مقطع برابر سینه، رویه زمینی درختان در هکتار (حاصل جمع رویه زمینی تمامی درختان موجود در پلات ضرب در عدد ۱۰)، میانگین پوشش تاجی و تراکم پایه‌ای (تعداد کل درختان موجود در پلات ضرب در عدد ۱۰)، تراکم تاج پوشش درختان (مجموع پوشش تاجی درختان موجود در پلات تقسیم بر عدد ۱۰۰)، شدت آلودگی به ارس‌واش در ۵ رتبه (رتبه ۱ (خسارت ۶۰ تا ۱۰۰ درصد)، رتبه ۲ (خسارت ۳۰ تا ۵۹ درصد)، رتبه ۳ (خسارت ۵ تا ۲۹ درصد)، رتبه ۴ (خسارت زیر ۵ درصد) و رتبه ۵ (پایه سالم فاقد آلودگی به ارس‌واش) و جهت آلودگی در درخت (همه جهات، شمال، جنوب، شرق و غرب) و میزان شادابی (با بررسی دقیق پایه‌ها و با توجه به میزان رنگ سبز برگ‌ها، خشکیدگی در برگ‌ها و آلودگی به آفت و بیماری، به‌صورت درصد ارزیابی و بیان شد) با دقت اندازه‌گیری و برآورد گردید (۱۵).

هر ترانسکت ۱۰ قطعه نمونه و در مجموع ۲۰ قطعه نمونه تصادفی در هر طبقه ارتفاعی (ارتفاع ۲۲۰۰ (۲۱۷۵ تا ۲۲۲۵)، ۲۴۰۰ (۲۳۷۵ تا ۲۴۲۵) و ۲۶۰۰ (۲۵۷۵ تا ۲۶۲۵) متر از سطح دریا) انتخاب شد و بدین‌ترتیب در کل تعداد ۶۰ قطعه نمونه در منطقه مورد مطالعه پیاده‌سازی شد (شکل ۱). در آماربرداری از قطعات نمونه، تعداد پایه‌ها، گونه‌های درختی موجود، جهت شیب، درصد شیب دامنه، ارتفاع از سطح دریا، تعداد و جنسیت درختان ارس سالم، تعداد و جنسیت درختان ارس آلوده به ارس‌واش و جهت و شدت آلودگی در هر یک از پایه‌های نر و ماده درختان ارس ثبت گردید. لازم به ذکر است که پایه نر و ماده در زمان گلدهی از طریق گل و در سایر اوقات از طریق فرم شاخه قابل تشخیص هستند. طوری‌که شاخه ماده آویزان و شاخه نر برافراشته می‌باشد. علاوه‌براین، هم‌چنین مشخصه‌های کمی درختان شامل ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، میانگین حجم تنه، مجموع حجم سرپای درختان در هکتار (حاصل جمع



شکل ۱- t1: خط ترانسکت اول. t2: خط ترانسکت دوم. ۱: قطعات نمونه آماربرداری‌شده در ارتفاع ۲۶۰۰ متری از سطح دریا. ۲: قطعات نمونه آماربرداری‌شده در ارتفاع ۲۴۰۰ متری از سطح دریا. ۳: قطعات نمونه آماربرداری‌شده در ارتفاع ۲۲۰۰ متری از سطح دریا.

Figure 1. t1: First transect line. t2: Second transect line. 1: Sample plots surveyed at an altitude of 2600 meters above sea level. 2: Sample plots surveyed at an altitude of 2400 meters above sea level. 3: Sample plots surveyed at an altitude of 2200 meters above sea level.

تجزیه و تحلیل آماری: ابتدا نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کولموگروف - اسمیرنوف و لون بررسی شد. به منظور مقایسه متغیرهای درصد آلودگی، میانگین شدت آلودگی، جهت آلودگی درختان ارس کوهی در دامنه‌های ارتفاعی مختلف از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد و در مواردی که آنالیز واریانس اثر متغیر مربوطه را در سطوح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد معنی‌دار معرفی نمود، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی (HSD) انجام شد. به منظور مقایسه میان دو گروه درختان سالم و مبتلا به ارس‌واش از آزمون t مستقل استفاده شد. علاوه بر این، جهت بررسی ارتباط متغیرهای محیطی و صفات درختان ارس با احتمال آلودگی به ارس‌واش و همچنین به منظور ارائه مدل پیش‌بینی احتمال ابتلا به ارس‌واش در منطقه مورد مطالعه از رگرسیون لجستیک دوگانه^۱ با روش گام به گام و همه محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل رگرسیون لجستیک با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت.

نتایج و بحث

آنالیز واریانس نشان داد ارتفاع رویشگاه تأثیر معنی‌داری بر مشخصات کمی درختان ارس کوهی دارد (جدول ۱). طوری که مطابق نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشخصات کمی درختان در ارتفاعات مختلف رویشگاه، افزایش ارتفاع از سطح دریا منجر به افزایش معنی‌دار تمامی مشخصات کمی درختان ارس، شامل قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، میانگین حجم تنه، مجموع حجم سرپای درختان در هکتار، میانگین سطح مقطع برابر سینه، رویه زمینی درختان

در هکتار، میانگین پوشش تاجی و تراکم پایه‌ای و تراکم تاج پوشش درختان مورد مطالعه گردید (جدول ۱). در ارتفاع ۲۶۰۰ متری متغیرهایی مانند حداکثر ارتفاع درختان، میانگین حجم تنه درختان، مجموع حجم سرپای درختان در هکتار، پوشش تاجی هر پایه و تراکم تاج پوشش، بیش‌ترین مقدار را نسبت به دو دامنه ارتفاعی دیگر (۲۲۰۰ و ۲۴۰۰ متر) نشان داد. تراکم پایه‌ای در ارتفاعات بالاتر از ۲۴۰۰ متر به طور معنی‌داری نسبت به ارتفاع ۲۲۰۰ متر افزایش نشان داد. همچنین ضریب قد کشیدگی (نسبت ارتفاع به قطر) درختان در ارتفاع ۲۶۰۰ متری بیش‌ترین مقدار را نشان داد که نسبت به ارتفاع ۲۲۰۰ متری اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که این شاخص در ارتفاع ۲۴۰۰ متری از سطح دریا به طور معنی‌داری نسبت به دامنه ارتفاعی ۲۶۰۰ متر از سطح دریا کاهش یافت (جدول ۱).

1- Binary logistic regression

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین اثر ارتفاع از سطح دریا بر مشخصات کمی درختان ارس.

Table 1. Results of comparing the average effect of altitude above sea level on the quantitative characteristics of Juniper trees.

دامنه ارتفاعی (متر از سطح دریا) Altitude range (meters above sea level)			P-value	F-value	متغیر Variable
2600	2400	2200			
33.29±2.00 ^a	31.74±2.29 ^a	22.08±3.22 ^b	0.007	5.651 ^{**}	قطر یقه (cm) Collar diameter (cm)
5.65±0.22 ^a	3.93±0.19 ^b	3.20±0.19 ^c	0.000	39.363 ^{**}	ارتفاع (m) Height (m)
9.11±0.32 ^a	6.41±0.34 ^b	5.63±0.34 ^b	0.000	29.452 ^{**}	حداکثر ارتفاع (m) Maximum height (m)
68.40±3.56 ^a	67.67±4.61 ^a	45.80± 5.11 ^b	0.001	8.254 ^{**}	حداکثر قطر (cm) Maximum diameter (cm)
22.85±1.63 ^a	16.06±1.48 ^b	19.47±1.89 ^{ab}	0.024	4.101 [*]	ضریب قدکشیدگی (درصد) Elongation coefficient (percent)
0.12±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.06±0.02 ^b	0.027	3.952 [*]	میانگین سطح مقطع (m ²) Average cross-sectional area (m ²)
1.59±0.02 ^a	1.59±0.25 ^a	0.71±0.22 ^b	0.009	5.240 ^{**}	رویه زمینی در هکتار (m ² /ha) Ground cover per hectare (m ² /ha)
0.42±0.05 ^a	0.25±0.03 ^b	0.14±0.03 ^c	0.000	13.006 ^{**}	حجم ساقه (m ³) Stem volume (m ³)
5.43±0.63 ^a	3.57±0.45 ^b	1.56±0.43 ^c	0.000	14.383 ^{**}	حجم سرپا (m ³ /ha) Standing volume (m ³ /ha)
34.68±3.83 ^a	21.68±2.09 ^b	13.34±1.45 ^c	0.000	16.430 ^{**}	پوشش تاجی هر پایه (m ²) Crown coverage per stem (m ²)
139.33±14.19 ^a	142.67±14.06 ^a	100.00±13.66 ^b	0.043	3.401 [*]	تراکم پایه‌ای (تعداد در هکتار) Standing density (number per hectare)
43.03±2.62 ^a	29.34±3.34 ^b	13.22±2.09 ^c	0.000	29.806 ^{**}	تراکم تاج‌پوشش (درصد) Crown density (percent)

* و ** به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و حروف لاتین کوچک مشابه در هر ردیف، عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند.

نتایج نشان داد از نظر متغیرهای درصد و میانگین شدت آلودگی بین دامنه‌های ارتفاعی مختلف، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع از سطح دریا درصد آلودگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و در بالاترین دامنه ارتفاعی بیش‌ترین درصد آلودگی ثبت گردید (جدول ۲). میانگین شدت آلودگی نیز روندی مشابه با درصد آلودگی داشت و با افزایش ارتفاع میانگین شدت آلودگی نیز افزایش یافت (جدول ۲). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، شدت آلودگی به گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش در رتبه ۱ (خسارت

۱۰۰-۶۰ درصد) و شدت آلودگی به ارس‌واش در رتبه ۵ (پایه سالم) در دامنه‌های ارتفاعی مختلف به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت بود؛ اما شدت آلودگی به ارس‌واش در رتبه ۲ (خسارت ۵۹-۳۰ درصد) و رتبه ۳ (خسارت ۲۹-۵ درصد) در دامنه‌های ارتفاعی مورد بررسی اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند. در رتبه ۱ بیش‌ترین شدت آلودگی درختان به ارس‌واش در دامنه ارتفاعی ۲۶۰۰ متر گزارش شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با شدت آلودگی به این گیاه در دامنه ارتفاعی ۲۴۰۰ متر بود. کم‌ترین شدت آلودگی به

ارس‌واش نیز در دامنه ارتفاعی ۲۲۰۰ متر ثبت شد. علاوه بر این، نتایج بررسی اثر ارتفاع رویشگاه بر شدت آلودگی به ارس‌واش در رتبه ۵ آلودگی (پایه‌های سالم و فاقد آلودگی به ارس‌واش)، نشان‌داد با افزایش ارتفاع رویشگاه، تعداد پایه‌های سالم فاقد ابتلا به ارس‌واش کاهش معنی‌داری نشان داد. طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین پایه‌های سالم فاقد ابتلا به ارس‌واش به ترتیب در طبقات ارتفاعی ۲۲۰۰ و ۲۶۰۰ متر از سطح دریا مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج بررسی اثرات جهت آلودگی در درخت حاکی از این بود که در مورد متغیرهای آلودگی در همه جهات و آلودگی در شمال درخت، بین دامنه‌های ارتفاعی مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. در سایر جهات بین دامنه‌های ارتفاعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده، آلودگی در همه جهات درخت با افزایش ارتفاع از سطح دریا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیش‌ترین آلودگی درخت در ارتفاع ۲۶۰۰ متر ثبت شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با ارتفاع ۲۴۰۰ متری بود. در جهت شمال بیش‌ترین شدت آلودگی در طبقه ارتفاعی ۲۴۰۰ متری مشاهده گردید (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین وضعیت آلودگی در دامنه‌های ارتفاعی مورد بررسی.

Table 2. Results of comparing the average pollution status in the studied altitude ranges.

دامنه ارتفاعی (متر از سطح دریا) Altitude range (meters above sea level)			P-value	F	متغیر Variable
2600	2400	2200			
46.77±5.60 ^a	41.56±6.90 ^{ab}	24.31±4.27 ^b	0.042	3.493*	درصد آلودگی Pollution percentage
31.72±4.28 ^a	25.71±4.74 ^{ab}	14.05±2.95 ^b	0.025	4.169*	میانگین شدت آلودگی Average pollution intensity
29.28±4.08 ^a	23.42±4.73 ^a	10.71±2.88 ^b	0.020	4.430*	رتبه ۱ Rank 1
10.05±2.65 ^a	9.82±3.16 ^a	8.25±2.86 ^a	0.932	0.070 ^{ns}	رتبه ۲ Rank 2
7.45±1.62 ^a	8.32±4.2 ^a	5.83±1.52 ^a	0.744	0.298 ^{ns}	رتبه ۳ Rank 3
--	--	--	--	--	رتبه ۴ Rank 4
53.23±6.60 ^b	58.44±6.90 ^{ab}	75.22±4.24 ^a	0.047	3.37*	رتبه ۵ Rank 5
83.53±4.93 ^a	78.48±7.46 ^a	52.17±13.64 ^b	0.048	3.346*	همه جهات All directions
0.00±0.00 ^b	5.67±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	0.045	3.427*	شمال North
0.00±0.00 ^a	0.77±0.77 ^a	0.00±0.00 ^a	0.442	0.838 ^{ns}	شرق East
14.44±5.05 ^a	5.84±2.34 ^a	27.00±13.16 ^a	0.152	2.001 ^{ns}	جنوب South
2.02±1.29 ^a	9.23±7.72 ^a	20.83±10.49 ^a	0.218	1.600 ^{ns}	غرب West

به ارس و اش به طور معنی داری بیش تر از درختان سالم بود. ضریب قدکشیدگی در درختان سالم بیش تر از درختان مبتلا بود و این روند در هر سه دامنه ارتفاعی مشاهده شد (جدول ۳). براساس نتایج به دست آمده با افزایش ارتفاع رویشگاه، ارتفاع درختان، ضریب قدکشیدگی، حجم ساقه و سطح تاج در درختان مبتلا و سالم افزایش یافت. طوری که بیش ترین مقدار این صفات مورد بررسی در ارتفاع ۲۶۰۰ متری ثبت گردید (جدول ۳).

یافته های به دست آمده از آنالیز تی مستقل نشان داد، در ارتفاع ۲۲۰۰ متری تفاوت معنی داری بین درختان سالم و مبتلا از نظر متغیرهای مورد بررسی وجود داشت. نتایج هم چنین بیانگر این بود در ارتفاع ۲۶۰۰ متری متغیر ارتفاع درخت و در ارتفاع ۲۶۰۰ متری متغیر سطح تاج در درختان سالم و آلوده مشابه بود و اختلاف معنی داری بین آن ها مشاهده نگردید (جدول ۳). هم چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در هر سه دامنه ارتفاعی، قطر یقه، ارتفاع درختان، حجم ساقه، رویه زمینی و سطح تاج در درختان آلوده

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین مشخصات کمی درختان مبتلا و سالم در طبقات ارتفاعی مختلف.

Table 3. Results of comparison of average quantitative characteristics of infected and healthy trees in different elevation classes.

p-value	t	تفاوت Difference	درختان سالم Healthy trees	درختان مبتلا Infected trees	ارتفاع رویشگاه (متر) Habitat elevation (meters)	
0.000	7.38**	26.82 (141.08%)	19.01±1.40 ^b	45.83±3.98 ^a	2200	قطر یقه
0.000	3.35**	22.45 (94.09%)	23.86±1.39 ^b	46.31±2.04 ^a	2400	Collar diameter
0.000	6.62**	16.34 (62.70%)	26.06±1.70 ^b	42.40±1.70 ^a	2600	
0.000	3.01**	1.07 (34.29%)	3.12±0.14 ^b	4.19±0.26 ^a	2200	ارتفاع
0.150	1.45 ^{ns}	0.32 (8.39%)	3.81±0.16 ^a	4.13±0.15 ^a	2400	Elevation
0.400	2.07 ^{ns}	0.62 (11.76%)	5.27±0.23 ^b	5.89±0.20 ^a	2600	
0.000	-7.45**	-10.85 (-49.83%)	21.77±0.93 ^a	10.92±1.12 ^b	2200	ضریب
0.000	10.72**	-9.82 (-49.76%)	19.75±0.78 ^a	9.93±0.48 ^b	2400	قدکشیدگی
0.000	-5.32**	-12.33 (-44.36%)	27.74±2.21 ^a	15.41±0.70 ^b	2600	coefficient
0.000	4.25**	0.31 (281.81%)	0.11±0.17 ^b	0.42±0.07 ^a	2200	حجم ساقه
0.000	5.81**	0.28 (186.66%)	0.15±0.02 ^b	0.43±0.04 ^a	2400	Stem volume
0.000	2.91**	0.20 (64.51%)	0.31±0.05 ^b	0.51±0.05 ^a	2600	
0.000	4.64**	0.14 (280.00%)	0.05±0.01 ^b	0.19±0.03 ^a	2200	رویه زمینی
0.000	6.93**	0.12 (171.42%)	0.07±0.01 ^b	0.19±0.02 ^a	2400	Ground cover
0.000	5.03**	0.08 (100.00%)	0.08±0.01 ^b	0.16±0.01 ^a	2600	
0.000	3.89**	10.09 (86.90%)	11.61±1.01 ^b	21.70±2.70 ^a	2200	سطح تاج
0.050	1.98 [*]	5.40 (29.00%)	18.62±1.72 ^b	24.02±1.96 ^a	2400	Crown surface
0.280	1.08 ^{ns}	4.11 (14.09%)	29.17±3.07 ^a	33.28±2.23 ^a	2600	

تنها شش فاکتور شامل ارتفاع درختان، ضریب قدکشیدگی، حجم ساقه، رویه زمینی و شادابی در مدل باقی ماندند. جدول ۴ نتایج رگرسیون لجستیک،

جهت بررسی اثر عوامل مختلف بر میزان آلودگی ارس از رگرسیون لجستیک به روش گام به گام استفاده شد و در نهایت در گام هفتم از بین عوامل مورد بررسی

مقادیر و سطح معنی‌داری ضرایب مدل، میزان تطابق مدل با داده‌ها و نیکویی برازش را بر اساس آزمون مربع کای نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بین ضریب قدکشیدگی، حجم ساقه، سطح تاج و شادابی با احتمال آلودگی به ارس‌واش ارتباط منفی و معنی‌دار وجود دارد. بدین معنی که با افزایش ضریب قدکشیدگی، حجم ساقه، سطح تاج و شادابی احتمال آلودگی به ارس‌واش کاهش می‌یابد. در جدول ۵ نیز خلاصه نتایج مدل‌سازی لجستیک دوگانه ارائه شده است.

جدول ۴- متغیرهای باقی‌مانده در گام نهایی مدل‌سازی رگرسیون لجستیک دوگانه در زمینه ارتباط متغیرهای محیطی و صفات درختان ارس با احتمال آلودگی به ارس‌واش.

Table 4. Remaining variables in the final step of binary logistic regression modeling in the context of the relationship between environmental variables and juniper tree traits with the probability of infection with *Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb.

متغیر Variable	ضریب (B) Coefficient (B)	اشتباه معیار Standard Error	آماره والد (W) Wald Statistic (W)	درجه آزادی Degree of freedom	سطح معنی‌داری Significance level	مربع کای Chi-square
ارتفاع Height	0.383	0.138	6.674	1	0.006	
ضریب قدکشیدگی Stretching Coefficient	-0.081	0.032	6.423	1	0.011	
حجم ساقه Stem volume	-3.235	1.023	9.990	1	0.002	
رویه زمینی Ground Cover	13.201	3.681	12.858	1	0.000	378.661
سطح تاج Canopy Surface Area	-0.019	0.009	4.190	1	0.041	
شادابی Vigor	-0.100	0.011	87.093	1	0.000	
ضریب ثابت Constant coefficient	6.236	0.967	41.626	1	0.000	

Variable(s) entered on step 1: Altitude, Gender, Diameter, Hieght, HD_ratio, Stem_volume, BasalArea, CrownArea, CrownForm, Tree_freshness, StemQ, RootOut, Aspect

جدول ۵- خلاصه نتایج مدل‌سازی لجستیک دوگانه برای پیش‌بینی احتمال ابتلا به ارس‌واش در منطقه مورد مطالعه.

Table 5. Summary of results of dual logistic modeling for predicting the probability of developing *Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb in the study area.

متغیر وابسته Dependent variable	-2 Log likelihood	Nagelkerke R Square	Cox & Snell R Square	مدل پیش‌بینی Forecasting model
آلودگی به ارس‌واش Infestation with <i>Arceuthobium oxycedri</i> (D.C.) M. Bieb.	330.622	0.684	0.490	

$$P = \frac{\exp(6.24 + (0.38 \text{ ارتفاع}) - (0.08 \text{ ضریب قدکشیدگی}) - (3.23 \text{ حجم ساقه}) + (13.20 \text{ رویه زمینی}) - (0.02 \text{ سطح تاج}) - (1 \text{ شادابی}))}{1 + \exp(6.24 + (0.38 \text{ ارتفاع}) - (0.08 \text{ ضریب قدکشیدگی}) - (3.23 \text{ حجم ساقه}) + (13.20 \text{ رویه زمینی}) - (0.02 \text{ سطح تاج}) - (1 \text{ شادابی}))}$$

شرایط رویشگاهی و عوامل اقلیمی از مؤثرترین عوامل تأثیرگذار بر رشد و استقرار گیاهان بوده (۱۶) و ارزیابی مشخصه‌های کمی توده‌های جنگلی و شناخت عوامل مؤثر بر آن به برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت بهتر آن‌ها کمک می‌کند (۱۷). اگرچه جوامع ارس در مناطق کوهستانی موجب پایداری بوم‌سازگان کوهستان، افزایش تنوع زیستی و جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک و جذب کربن می‌شوند (۱۸). با این حال آلودگی درختان ارس به ارس‌واش توجه به این جنگل‌ها را به‌منظور حمایت و حفاظت، بیش‌تر کرده است. بر همین اساس اهمیت بررسی مشخصه‌های کمی درختان ارس بر وقوع و شدت آلودگی به ارس‌واش در مطالعات مختلف گزارش شده است (۳، ۸، ۱۹).

نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش ارتفاع از سطح دریا میانگین ارتفاع درختان ارس، حداکثر ارتفاع، حجم ساقه، حجم سرپا، پوشش تاجی هر پایه و تراکم تاج‌پوشش افزایش می‌یابد. در ارتفاعات پایین دخالت‌های انسان مانند قطع غیرمجاز، چرای دام و آتش‌سوزی می‌تواند دلیل اصلی کاهش مشخصه‌های کمی توده‌های ارس باشد. پژوهش‌گران با بررسی رویشگاه‌های ارس بیان کردند که مشخصه‌های مختلف توده‌های ارس علاوه بر عوامل بوم‌شناختی، به‌شدت تحت تأثیر استقرار روستاییان، دامداران و اهالی بومی است، به‌طوری‌که تردد انسان و دام سبب تخریب و از بین رفتن توده‌های ارس می‌شود (۲۰) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. از طرفی افزایش ارتفاع با اثرگذاری بر دمای محیط شرایط را برای استقرار برخی گونه‌های مقاوم به سرما مانند ارس و حذف دیگر گونه‌ها فراهم می‌نماید (۲۱، ۲۲). علاوه بر این با افزایش ارتفاع از سطح دریا به علت افزایش شدت نور و با توجه به سرشت نوری این‌گونه و کاهش دخالت‌های انسانی شرایط برای استقرار ارس مناسب‌تر شده است (۲۳، ۲۴).

نتایج نشان داد افزایش ارتفاع از سطح دریا موجب افزایش درصد و شدت آلودگی درختان ارس شد. در ارتفاع ۲۶۰۰ متری، درصد و شدت آلودگی نسبت به ارتفاع ۲۲۰۰ متری به ترتیب ۱/۹۲ و ۲/۲۵ برابر افزایش پیدا کرد. در رتبه ۱ (خسارت ۱۰۰-۶۰ درصد) شدت آلودگی به گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش یافت و در ارتفاع ۲۶۰۰ متری در مقایسه با ارتفاع ۲۲۰۰ متری میزان این افزایش به ۲/۷۳ برابر رسید. اگرچه گونه ارس گونه‌ای مقاوم به سرما و شرایط خشکی به شمار می‌رود، اما نتایج این پژوهش نشان داد که درختان ارس در ارتفاعات بالاتر دچار آسیب‌های بیش‌تری می‌شوند (۲۵، ۲۶). این موضوع باعث شده است تا درختان ارس واقع در طبقات ارتفاعی بالاتر در برابر آلودگی به گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش ضعیف‌تر باشند. از نظر مشخصه‌های کمی و ابعادی درخت نتایج مقایسه پایه‌های سالم و مبتلا به ارس‌واش نشان داد در هر سه دامنه ارتفاعی قطر درخت، ارتفاع، حجم ساقه، رویه زمینی، سطح تاج‌پوشش و حجم سرپا درختان مبتلا به ارس‌واش بیش‌تر از درختان سالم بود. به عبارت بهتر حساسیت درختان بلندتر و قطورتر نسبت به ارس‌واش بیش‌تر بوده و ارس‌واش، درختان با قطر و ارتفاع بالا را بیش‌تر مورد حمله قرار داده و آلوده می‌سازد که یکی از دلایل آن را می‌توان به شیوه پراکنش بذر ارس‌واش مرتبط دانست (۱). شواهد زیادی درباره نحوه پراکنش بذر ارس‌واش نشان می‌دهد که شیوه پرتاب بذر، تنها شیوه تکثیری این گیاه نیمه‌انگل نیست و پرندگان نیز از راه خوردن میوه‌ها و فضله‌گذاری روی درختان دیگر سبب گسترش بذر این گیاه می‌شوند (۲۷، ۲۸) و از آن‌جاکه پرندگان در پی درختانی با چشم‌انداز بهتر و میوه بیش‌تر هستند بذر ارس‌واش را به درختان بزرگ‌تر، بلندتر و دارای تاج گسترده‌تر در مقایسه با درختان

کوچک و جوان ارس انتقال می‌دهند. ضمن این‌که درختان کوچک ارس کم‌تر هدف بذره‌ای چسبناک پرتاب‌شده توسط ارس‌واش قرار می‌گیرند (۲۹). علاوه‌براین، درختان با قطر بیش‌تر دارای سن بیش‌تر و تاج بازتری هستند و در مقابله با تنش‌های محیطی نسبت به درختان کم‌قطرتر دارای ضعف هستند (۳۰). این عوامل باعث خواهد شد که بذره‌ای ارس‌واش در زمان پرتاب راحت‌تر به شاخه‌های جوان چسبیده و مستقر شوند (۳).

در پژوهشی فلاح‌چایی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند درختان با تاج‌پوشش وسیع‌تر، ارتفاع بلندتر و قطر بیش‌تر، حساسیت بیش‌تری به این گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش دارند (۱۱). در پژوهشی دیگر کراسیلنکو و همکاران (۲۰۱۷) بیان نمودند درختان ارس با ارتفاع و قطر برابرینه بیش‌تر در مقایسه با درختان سالم حساسیت بسیار بیش‌تری نسبت به عوارض ناشی از گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش از خود نشان دادند (۲۷). هم‌چنین کرتولی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند ابتلای درختان ارس به ارس‌واش با سطح مقطع، ارتفاع، قطر یقه و مساحت تاج درختان میزبان همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته و با افزایش مقادیر عددی هر یک از این متغیرها بر شدت ابتلا به ارس‌واش افزوده شده است (۱). هم‌چنین داغستانی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند حضور و شدت ابتلا به دارواش‌های پاکوتاه به ویژگی‌های درختان میزبان از جمله بزرگی و گستردگی تاج، تراکم توده و ارتفاع درختان میزبان، بسیار وابسته بود. نتایج بعضی از پژوهش‌ها به این موضوع دلالت دارد زیرا درختان با تاج‌پوشش وسیع دارای شاخه‌های جوان بیش‌تری است که بذره‌ای پرتاب‌شده بر روی آن‌ها جای می‌گیرد و موفق به استقرار می‌شود (۲۴). مؤمنی‌مقدم و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند در زمان رسیدن میوه‌ها هنگامی‌که توسط

آفتاب خشک می‌شوند، میوه‌ها بر اثر فشار هیدروستاتیکی درون میوه به اطراف پرتاب می‌شوند و پس از پرتاب شدن به شاخه‌ها و حتی سوزن‌های گیاه میزبان مجاور می‌چسبند (۲۵)؛ اما آلودگی و شروع ابتلا به این گیاهان نیمه‌انگل زمانی موفقیت‌آمیز خواهد بود که بذره‌ای دارواش‌های پاکوتاه به شاخه‌های جوان (کم‌تر از پنج سال) با پوست نازک برخورد نماید (۲۸). در پژوهش حاضر بررسی اثرات ارتفاع از سطح دریای رویشگاه بر جهت آلودگی تاجی درختان ارس به ارس‌واش نشان داد فراوانی نسبی درختانی که کلونی‌های ارس‌واش در تمامی جهات روی تاج آن‌ها مستقر شده‌اند، به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر ارتفاع رویشگاه قرار گرفت. طوری‌که با افزایش ارتفاع از سطح دریای رویشگاه از ۲۲۰۰ متر به ۲۴۰۰ متر و بالاتر، فراوانی این درختان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). علاوه‌براین، نتایج نشان‌داد درختانی که فقط در جهت شمالی تاج خود به ارس‌واش مبتلا هستند، فقط در ارتفاع ۲۴۰۰ متر از سطح دریا مشاهده می‌گردند. این یافته با نتایج به‌دست‌آمده توسط سایر پژوهش‌گرانی که جهت و شدت آلودگی تاجی درختان ارس به ارس‌واش را مورد مطالعه قرار دادند، مطابقت دارد. حساسیت بیش‌تر درختان ارس قرار گرفته در ارتفاعات بالاتر به حمله ارس‌واش، می‌تواند علت آلودگی همه‌جانبه این درختان باشد (۳۱). مطابق بررسی‌های به‌عمل‌آمده در پژوهش حاضر، در منطقه مورد مطالعه افزایش ارتفاع از سطح دریای رویشگاه، به‌ویژه در ارتفاعات ۲۶۰۰ متر از سطح دریا با افزایش معنی‌دار صفات رویشی (مانند قطر یقه، ارتفاع، رویه زمینی و حجم) درختان ارس و هم‌چنین افزایش تاج‌پوشش و تراکم پایه‌ای توده درختان ارس همراه بوده است؛ بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که درختان ارس مستقر در ارتفاعات بالاتر نسبت به درختان ارس مستقر در ارتفاعات پایین‌تر (به‌ویژه

متناسب با شرایط توده از روش‌های مناسب و کارآمد برای کنترل این گیاه نیمه‌انگل بهره برد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع از سطح دریا مشخصات کمی درختان ارس مانند قطر یقه، ارتفاع، حداکثر ارتفاع، حداکثر قطر، میانگین سطح مقطع، رویه زمینی در هکتار، حجم ساقه، حجم سرپا، پوشش تاجی هر پایه افزایش یافت. همچنین از نظر متغیرهای درصد و میانگین شدت آلودگی بین دامنه‌های ارتفاعی مختلف، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا درصد آلودگی افزایش یافت و در بالاترین دامنه ارتفاعی بیش‌ترین درصد آلودگی ثبت شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده آلودگی در همه جهات درخت با افزایش ارتفاع از سطح دریا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیش‌ترین آلودگی درخت در ارتفاع ۲۶۰۰ متر ثبت شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با ارتفاع ۲۴۰۰ متری بود. نتایج همچنین بیانگر این بود که در هر سه دامنه ارتفاعی، قطر یقه، ارتفاع درختان، حجم ساقه، رویه زمینی و سطح تاج پوشش در درختان آلوده به ارس‌واش به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از درختان سالم بود. به‌طورکلی درختان بزرگ‌تر و مسن‌تر، بیش‌تر در معرض ابتلا به گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش قرار دارند و شدت تهاجم بیش‌تری از این گیاه نیمه‌انگلی را نشان می‌دهند؛ بنابراین باتوجه به نقش جوامع ارس در افزایش تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم پیشنهاد می‌شود روش‌های کنترل بیولوژیک مانند استفاده از دشمنان طبیعی قارچی، باکتریایی و حتی حشرات گیاه‌خوار که فقط به ارس‌واش هجوم می‌برند، مانند قارچ *Colletotrichum gloeosporioides* و برخی از پاتوژن‌های قارچی و گیاه‌خواران حشرات (به‌ویژه لارو لپیدوپتران) جهت کنترل و مدیریت گیاه نیمه‌انگل ارس‌واش در دستور کار قرار گیرد (۳۳، ۳۴).

ارتفاع ۲۴۰۰ متری از سطح دریا) بلندتر و مسن‌تر بودند. گستردگی بیش‌تر تاج و اندام هوایی درختان ارس در ارتفاعات بالاتر از یکسو آشیان اکولوژیک وسیع‌تری را برای گیاهان نیمه‌انگل ارس‌واش فراهم نموده و از سوی دیگر با افزایش قطر درختان در ارتفاعات بالاتر می‌تواند هم‌راستا با افزایش سن درختان، موجب آسیب‌پذیری بیش‌تر درختان در برابر عوامل زنده فرصت‌طلبی مثل ارس‌واش موجود در این اکوسیستم‌ها شود. همچنین افزایش معنی‌دار تاج‌پوشش و تراکم توده در ارتفاعات بالاتر می‌تواند موجب افزایش میزان کلونی‌های ارس‌واش و همچنین افزایش حضور پرندگان مختلف مانند کبک، تیهو، کبوتر و سایر پرندگان منتشرکننده بذر ارس‌واش گردیده و درنتیجه موجب آلوده‌شدن هرچه بیش‌تر پایه‌های ارس واقع در رویشگاه‌های مرتفع‌تر شود (۳).

به‌طورکلی وجود جوامع ارس در پایداری بوم‌سازگان کوهستان، افزایش تنوع زیستی، حفظ و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک مناطق کوهستانی بسیار مؤثر است؛ بنابراین از بین رفتن این درختان ارزشمند باعث تخریب برخی از رویشگاه‌های نیمه‌خشک ارتفاعات می‌شود و اثرات بسیار نامطلوبی بر بوم‌سازگان‌های مجاور و پایین‌دست خواهد داشت. ازجمله این اثرات می‌توان به فرسایش شدید خاک، کاهش ذخیره آب، کاهش تنوع زیستی و نابودی زیستگاه موجودات وابسته اشاره کرد (۳۲). در صورت ادامه روند فعلی و نیز عدم یافتن راهکار غیرمخرب برای کنترل جمعیت ارس‌واش، تخریب برخی جوامع ارس ایران در آینده‌ای نه‌چندان دور، غیرقابل انتظار نخواهد بود. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند اطلاعات مهمی در مورد شرایط رویشگاهی و مشخصات کمی درختان ارس و ارتباط آن‌ها با ابتلا به ارس‌واش فراهم کند تا بتوان

منابع

1. Kartoolinejad, D., Ravanbakhsh, H., Fadaei, Z., Moshki, A. R., & Nikouee, E. (2024). Infection of juniper trees (*Juniperus excelsa*) to juniper dwarf mistletoe M. Bieb. (*Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb) in forests of Miankouh Tash protected area, Shahroud. *Iranian Journal of Forest*. 15(4), 497-514. [In Persian]
2. Ravanbakhsh, H., Marvi Mohajer, M., Zahedi, A. G., & Shirvani, A. (2010). Forest typology in relation with altitude gradient on southern slopes of central Alborz Mountains (Latian Dam Watershed). *Journal of Forest and Wood Products*. 63(1), 9-22. [In Persian]
3. Rezanejad, A., Ravanbakhsh, H., & Kartoolinejad, D. (2019). Relationship between abundance/infection intensity of dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb.) and qualitative and quantitative characteristics of the host tree, physiographic conditions, and soil erosion. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 27(1), 64-76.
4. Sadeghzadeh Hallaj, M. H., Keneshloo, H., Khoshnevis, M., Hassani, M., & Parhizkar, P. (2017). Effects of various water storage methods on plantation of Greek juniper (*Juniperus excelsa* MB). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 25(4), 622-633. [In Persian]
5. Azarkhavarani, S. F., Rahimi, M., Tarkesh, M., & Ravanbakhsh, H. (2017). Prediction of *Juniperus excelsa* M. Bieb. geographical distribution using by climate data under the conditions of current and future in Semnan province. *Iranian Journal of Forest*. 9(2), 233-248. [In Persian]
6. Sarangzai, A. M., Ahmed, M., Ahmed, A., Leghari, S. K., & Jan, D. S. U. (2012). Juniper forests of Baluchistan: A brief review. *FUUAST Journal of Biology*. 2(1), 71-79.
7. Hanifeh, S., Rahimdokht, R., Larti, M., Khodakarami Moghanjogi, A., Hashemi khabir, Z., & Dideh, H. (2025) First report of dwarf mistletoe *Arceuthobium oxycedri* in the Arasbaran forests with *Juniperus communis* identified as a new host in Iran. *Iranian Journal of Forest and Rangeland Protection Research*. Available Online from 23 April 2025, doi: 10.22092/ijfrpr.2025.367475.1645. [In Persian]
8. Fallahchaei, M. M., Torabian, Y., Maani, M., & Ahmadi, F. (2011). The effect of infection of *Arceuthobium oxycedri* on *Juniperus excels* species in North West forests of Iran. *Plant Protection Journal*. 3(3), 235-246. [In Persian]
9. Bashkar, E., Sayad, E., & Gholami, S. (2015). Spatial distribution of trees death due to Mistletoe in relation to their crown properties. *Journal of Geography and Environmental Stability*. 5, 109118.
10. Perry, E. J., & Elmore, C. L. (2001). Mistletoe, IPM Education and Publication. University of California, Online. at: <http://www.ipm.ucdavis.edu>.
11. Zúñiga, J. J. A., Bobadilla, R. L. H., Maass, S. F., Fredericksen, T. S., & Agramont, A. R. E. (2024). Occurrence and effect of dwarf mistletoe (*Arceuthobium globosum* and *A. vaginatum*) in high-elevation forests in México. *Trees, Forests and People*. 18, 100706.
12. Evrendilek, F., Berberoglu, S., Taskinsu-Meydan, S., & Yilmaz, E. (2006). Quantifying carbon budgets of conifer Mediterranean forest ecosystems, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 119(1-3), 527-543.
13. Yari, R. (2018). An introduction into the flora, life forms, geographical distribution and plant protection status species (case study: Chaharbagh summer rangelands in Golestan Province). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*. 31(3), 736-750.
14. Sheida Karkaj, E., Motamedi, J., Alilu, F., & Sirusi, H. (2017). Role of livestock management on vegetation properties in summer rangelands of Chahr Bagh, Golestan. *Journal of Range and Watershed Management*. 69(4), 949-961.

15. Kavosi, M. R. (2019). Identification of areas under the management of Golestan province (Golestan National Park and Jahannama Protected Area) contaminated by pests and diseases, providing implementation strategies for combating and controlling and providing rehabilitation programs. Environment Plan, General Department of Environmental Protection of Golestan Province, Iran, 235p.
16. Redmond, M. D., & Kelsey, K. C. (2018). Topography and overstory mortality interact to control tree regeneration in spruce-fir forests of the southern Rocky Mountains. *Forest Ecology and Management*. 427, 106-113.
17. Heidari Safari Kouch, A., Moradian Fard, F., Eskandari, A., & Rostami Shahraji, T. (2015). Investigation of some quantitative and qualitative characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl) in Bazoft forests of ChaharMahal and Bakhtiari Province. *Journal of Forest Ecosystems Researches*. 2(1), 75-91. [In Persian]
18. Ravanbakhsh, H., HamzeH'Ee, B., Etemad, V., Marvie Mohadjer, M. R., & Assadi, M. (2016). Phytosociology of *Juniperus excelsa* M. Bieb. forests in Alborz mountain range in the north of Iran. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 150(5), 987-1000.
19. Queijeiro-Bolaños, M., Cano-Santana, Z., & García-Guzmán, G. (2014). Incidence, severity, and aggregation patterns of two sympatric dwarf mistletoe species (*Arceuthobium* spp.) in Central Mexico. *European Journal of Forest Research*. 133, 297-306.
20. Maghsoudlou Nezhad, M., Shataee, S. H., Habashi, H., & Babanezhad, M. (2013). Spatial and statistical analysis of quantitative characteristics of *Juniperus* stands in Chahar-bagh of Gorgan regarding to topographic and soil features. *Iranian Journal of Forest*. 5(2), 195-206. [In Persian]
21. Klippel, L., Krusic, P. J., Brandes, R., Hartl-Meier, C., Trouet, V., Meko, M., & Esper, J. (2017). High-elevation inter-site differences in Mount Smolikas tree-ring width data. *Dendrochronologia*. 44, 164-173.
22. Pirtel, N. L., Hubbard, R. M., Bradford, J. B., Kolb, T. E., Litvak, M. E., Abella, S. R., ... & Petrie, M. D. (2021). The aboveground and belowground growth characteristics of juvenile conifers in the southwestern United States. *Ecosphere*. 12(11), e03839.
23. Korsakova, S., Plugatar, Y., Pashtetsky, A., & Ilnitsky, O. (2020). Influence of abiotic factors on CO₂-gas exchange of *Pinus pallasiana*, *Juniperus excelsa* and *Arbutus andrachne*. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 224, p. 04017). EDP Sciences.
24. Daghestani, M., Zanganeh, M., & Taheri, M. (2017). Investigation on quantitative characteristic and soil properties of *Juniperus excelsa* M. Bieb stands in Tarom Zanjan. *Forest Research and Development*. 3(2), 175-190.
25. Momeni Moghaddam, T., Talebi, K. S., Akbarinia, M., Akhavan, R., & Hosseini, S. M. (2012). Impact of some physiographic and edaphic factors on quantitative and qualitative characteristics of Juniper forest (case study: Layen region-Khorasan). *Iranian Journal of Forest*. 4(2), 143-156. [In Persian]
26. Sharafieh, H., Sakenin Chelav, H., & Arefi Pour, M. R. (2019). Investigation on the damages of Juniper Dwarf Mistletoe (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb) in Forests of Semnan province and it's control methods. *Iran Nature*. 4(1), 27-31. [In Persian]
27. Krasylenko, Y. A., Janošíková, K., & Kukushkin, O. V. (2017). Juniper dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri*) in the Crimean Peninsula: novel insights into its morphology, hosts, and distribution. *Botany*. 95(9), 897-911.
28. Wahid, H. A., Barozai, M. Y. K., & Din, M. (2021). 01. Dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri*) and damage caused by dwarf mistletoe to family Cupressaceae. *Pure and Applied Biology (PAB)*. 4(1), 15-23.

29. Kartoulinezhad, D., Hosseini, S. M., Mirnia, S., & Shayanmehr, F. (2008). The effect of mistletoe (*Viscum album* L.) on four nutrient elements Mg, Zn, Mn, Na and leaf area and weight of host trees in Hyrcanian forests. *Pajouhesh VA Sazandegi*. 20(4), 47-52. [In Persian]
30. Tamudo, E., Camarero, J. J., Sangüesa-Barreda, G., & Anadón, J. D. (2021). Dwarf mistletoe and drought contribute to growth decline, dieback and mortality of junipers. *Forests*. 12(9), 1199.
31. LccG, L. L. (1982). Eastern dwarf mistletoe: distribution and severity in black spruce stands of Newfoundland. *Plant disease*. 66(4), 313.
32. Sefidi, K., Firouzi, Y., Keivan Behju, F., Sharari, M., & Rostamikia, Y. (2018). Quantification of spatial structure of juniper stands in Kandaragh region. *Iranian Journal of Forest*. 10(2), 207-220. [In Persian]
33. Ramsfield, T. D., Shamoun, S. F., & van der Kamp, B. J. (2005). Infection of *Arceuthobium americanum* by *Colletotrichum gloeosporioides* and its potential for inundative biological control. *Forest Pathology*. 35(5), 332-338. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2005.00414.x.
34. Shamoun, S. F., & Dewald, L. E. (2002). Management strategies for dwarf mistletoes: Biological, chemical, and Genetic Approaches (Pp: 75-82). Blackwell Publishing, Newjersey, USA.