

خصوصیات خاک در زیستگاه‌های طبیعی قارچ ترافل (*Tubers spp.*) در استان گلستان

سیده معصومه زمانی^{۱*}، ریحانه غلامی قوام آباد^۲، اسداله کریمی دوست^۳ و ستار زینالی^۴

۱- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: mzamani@rifr-ac.ir

۲- کارشناس ارشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۴- کارشناس پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۲۹

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی ویژگی‌های خاک در رویشگاه‌های طبیعی قارچ‌های ترافل (*Tuber spp.*) در شش سایت منتخب واقع در جنگل‌های لوه استان گلستان انجام شد. نمونه‌برداری از ریشه مهم‌ترین درختان میزبان توپرها در هر سایت انجام شد. شناسایی قارچ توپر همزیست پس از تکثیر ناحیه ITSrDNA و آنالیز مقایسه‌ای توالی آن با توالی‌های نوکلئوتیدی پایگاه داده Genbank انجام شد. برای نمونه‌برداری از خاک اطراف ریشه‌ها، برای هر واحد اکولوژیک پنج نمونه خاک برداشت شد و پس از مخلوط شدن یک نمونه مرکب از آن تهیه شد. پس از آماده کردن نمونه‌های خاک، میزان اسیدیته، ماده آلی، نیتروژن کل، کربنات کلسیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر خاک اندازه‌گیری شد. قارچ توپر همزیست به‌عنوان گونه ترافل سیاه تابستانه (*Tuber aestivum*) شناسایی شد. نتایج این بررسی نشان داد اندام‌های بارده قارچ توپر تابستانه، در خاک‌های با pH قلیایی و غلظت کم فسفر حضور داشتند. نسبت کربن/نیتروژن در تمام خاک‌ها بالای ده بود که نشان‌دهنده ترجیح این قارچ نسبت به خاک‌هایی است که غنی از نیتروژن در دسترس نیستند و مقدار بالای نیتروژن در خاک می‌تواند توسعه میکوریزا را محدود کند. نسبت کلسیم/منیزیم بالا برای قارچ توپر مطلوب‌تر است، زیرا درصد کلونیزاسیون قارچی در سایت‌های با نسبت بالاتر کلسیم به منیزیم بیشتر بود. نسبت پتاسیم/منیزیم در تمام مناطق پایین (پایین‌تر از دو) بود. همچنین در این تحقیق مشخص شد در استان گلستان، به غیر از بلوط، گونه‌های گیاهی دیگری نیز از نظر میزبانی قارچ‌های توپر از اهمیت برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: ترافل، گیاهان میزبان، ویژگی‌های خاک، رویشگاه طبیعی.

مقدمه

گیاهی و کشاورزی است. افزایش جمعیت جهان و کاهش منابع تولید فراورده‌های گیاهی و دامی در جهان یک مشکل جدی و اساسی است که دانشمندان را حداقل از دهه گذشته تاکنون به این فکر ترغیب نموده تا با استفاده از شیوه‌های جدید در حفظ محیط‌زیست و عدم تغییر بنیادی در طبیعت، دست به تولید بهتر و بیشتر محصولات گیاهی بزنند. یکی

مطالعه شرایط زیستی از جنبه‌های محیطی، اقلیمی، خاک، گیاهان، جانوران و امثال آن برای انسانهای قرن حاضر و آینده، این نکته مهم را یادآوری می‌کند که انسان برای بهبود شرایط حیات خود، نیازمند استفاده از فناوری‌های جدید در زمینه‌های گوناگون به‌ویژه علوم

Tirmania و *Picoa*, *Phaeangium*, *Mattirolomyces* هستند. قارچ‌های ترافل صحرایی با گیاهان مختلف مرتعی به‌ویژه برخی از اعضای *Cistaceae* و *Cyperaceae* در بسیاری از کشورهای مدیترانه‌ای و حومه خلیج فارس از جمله ایران (در استان‌های گلستان، ایلام، زنجان، فارس و سیستان و بلوچستان) یافت می‌شوند (Morte et al., 2009). قارچ‌های متعلق به جنس *Terfezia* با توجه به میزان فسفر در خاک و محیط‌های کشت دارای زندگی اکتومیکوریزایی یا اندومیکوریزایی هستند، درحالی‌که قارچ‌های جنس *Tuber* فقط اکتومیکوریز می‌باشند. در کنار فواید فراوانی که این قارچ‌های همزیست برای میزبان خود دارند، اندام بارده آنها دارای ارزش تغذیه‌ای و در نتیجه ارزش اقتصادی بالایی (به‌ویژه در مورد قارچ‌های جنگلی) می‌باشد (Fischer et al., 2017).

ترافل‌های جنگلی در اصل از نیمکره شمالی شناخته شده‌اند، اما طیف وسیعی از مناطق مختلف آب‌وهوایی (از آب‌وهوای مدیترانه‌ای شمال مراکش تا آب‌وهوای معتدل اقیانوسی انگلستان) را اشغال می‌کنند (Bonito et al., 2013). اگرچه حدود ۱۸۰ گونه از جنس توبر در دنیا شناسایی شده است (Bonito et al., 2010)، تنها تعداد کمی از آنها از ارزش خوراکی و تجاری قابل توجه برخوردارند. اقتصادی‌ترین گونه‌های ترافل در اروپا شامل دنبلان سفید (*Tuber magnatum* Picco)، دنبلان سیاه (*T. melanosporum* Vittad.)، دنبلان بورگاندی (*T. uncinatum* Chat)، دنبلان زمستانه (*T. brumale* Vittad.)، دنبلان بیانچتو (*T. borchii* Vittad.) و دنبلان سیاه تابستانه (*T. aestivum* Vittad.) می‌باشد (Reyna & Garcia-Barreda, 2014).

قارچ *T. aestivum* با برخی از گونه‌های کاج (مانند *Pinus nigra* و *P. sylvestris*)، انواع بلوط (*Quercus* spp.) و فندق (*Corylus avellana*) همزیستی دارد (Fischer et al., 2017). این قارچ در بسیاری از مناطق به‌ویژه جاهایی که دارای زمین‌های آهکی با اسیدیته بالا و بیشتر زمین‌هایی که ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع

از این روش‌های مدرن، کشت توأم گیاهان و قارچ‌های میکوریز است. قارچ‌های میکوریز قادرند با ریشه گیاهان اهلی و وحشی به‌طور منحصربه‌فردی همزیستی میکوریزایی تشکیل دهند و وضعیت آب و عناصر غذایی را در گیاهان بهبود بخشند و بدین ترتیب بقا و رشد گیاهان را تحت شرایط تنش، به‌ویژه خشکی افزایش دهند (Strullu-Derrien et al., 2018). با این روش می‌توان نسبت به بهینه‌سازی کشت و نیز تولید پایدار گیاهان مختلف اعم از جنگلی، مرتعی و کشاورزی اقدام نمود. عقیده بر این است که بدون این روابط، اغلب گیاهان قادر به زنده ماندن در جوامع رقابتی یافت شده در قلمروهای طبیعی خاک نخواهند بود و در واقع رشد و نمو گیاهان را به این روابط نسبت می‌دهند (Smith & Read, 2008).

در میان قارچ‌های میکوریز، تعدادی از این قارچ‌ها که تولید اندام بارده زیرزمینی بزرگ خوراکی می‌نمایند از شاخه آسکومیکوتا (*Ascomycota*)، تحت عنوان دنبلان (*Truffles*) شناخته می‌شوند. دنبلان‌ها به‌صورت میکوریز با ریشه گیاه میزبان همزیستی دارند، از این رو در طبیعت دارای فواید اکولوژیکی متعددی برای گیاهان میزبان خود، از جمله بهبود رشد آنها از طریق در دسترس قرار دادن مواد غذایی، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، حفاظت از آنها در برابر بیمارگرها و تنش‌های محیطی هستند. برخی از این قارچ‌ها با درختان جنگلی مثل بلوط، فندق، کاج و غیره به‌طور اکتومیکوریز همزیستی دارند و به آنها دنبلان‌های جنگلی نیز گفته می‌شود. این قارچ‌ها که به خانواده *Tuberaceae* تعلق دارند و شامل گونه‌های مختلف جنس توبر (*Tuber* spp.) هستند، گران‌ترین و باارزش‌ترین غذای انسان را تولید می‌کنند (Bonito et al., 2013). برخی دیگر از دنبلان‌های آسکومیستی که تحت عنوان قارچ‌های ترافل صحرایی (*Desert Truffles*) شناخته می‌شوند، متشکل از گونه‌های متعلق به جنس‌های مختلفی از آسکومیست‌های آپوتس‌دار از خانواده *Pezizaceae*، مانند *Balsamia*، *Terfezia*، *Leucangium*، *Delastria*، *Delastreopsis*

خاک مؤثر بر تولید قارچ‌های ترافل، این مطالعه با هدف بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک و تنوع جوامع گیاهی در رویشگاه‌های طبیعی آن در جنگل‌های لوه استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در پاییز ۱۳۹۸ در طرح جنگلداری لوه (گالیکش) در بخش شرقی رشته‌کوه البرز (استان گلستان)، واقع در موقعیت جغرافیایی (۵۵ درجه، ۳۵ دقیقه) تا (۵۵ درجه، ۴۳ دقیقه) طول شرقی و (۳۷ درجه، ۱۷ دقیقه) تا (۳۷ درجه، ۱۹ دقیقه) عرض شمالی انجام شد. این منطقه بین ارتفاعات ۴۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. مساحت کل جنگل ۱۲۰۰۰ هکتار است. خاک منطقه از نوع قهوه‌ای جنگلی، عمیق و دارای رطوبت متعادل و اسیدیته بین ۶/۱ تا ۷/۸ است. متوسط بارندگی سالانه ۵۲۴ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۲/۲ درجه سانتی‌گراد است (Anonymous, 2001).

از شواهد مربوط به برداشت‌های قبلی قارچ ترافل، برای انتخاب نقاط نمونه‌برداری استفاده شد. براین اساس و با توجه به هدف تحقیق، در منطقه مورد مطالعه شش سایت (واحد اکولوژیک) انتخاب شد. در انتخاب سایت‌های مورد مطالعه علاوه بر شرط حضور قارچ ترافل، شرایط و معیارهای زیر مورد توجه قرار گرفت: ۱- تفاوت در حدود ارتفاعی مناطق؛ ۲- تفاوت در جهت جغرافیایی اصلی (غالب) مناطق؛ ۳- تفاوت در گیاهان موجود در مناطق.

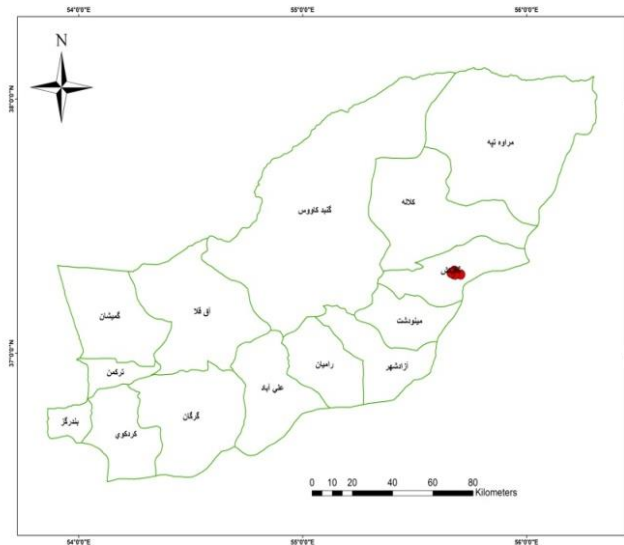
موقعیت جغرافیایی و توزیع واحدهای اکولوژیک در منطقه مورد مطالعه در شکل ۲، خصوصیات این سایت‌ها در جدول ۱ و تصاویری از هر یک از سایت‌ها در شکل ۳ آمده است.

دارند، یافت می‌شود (Stobbe et al., 2013). متأسفانه در سال‌های اخیر رویشگاه‌های ترافل‌ها از جمله ترافل تابستانه که این روزها قیمت بالای آن مورد توجه بسیاری از مردم قرار گرفته و جویندگان زیادی را به سمت خود جذب کرده است، به محلی برای امرار معاش اهالی بومی تبدیل شده، به طوری که مردم به منظور جمع‌آوری این قارچ‌ها به کندن خاک و آسیب رساندن به ریشه‌های گیاهان روی آورده‌اند و سبب کاهش جمعیت این قارچ‌های بارز در طبیعت شده‌اند. به طوری که جمعیت بومی گونه یادشده به دلیل از بین رفتن زیستگاه‌های طبیعی، افزایش بی‌رویه و غیراصولی برداشت محصول و نیز تغییر شرایط محیطی، در معرض خطر می‌باشد. در حال حاضر کاهش جمعیت این قارچ در نواحی مختلف دنیا گزارش شده است (Urban & Pla, 2010). از این رو برخی کشورها به منظور حفاظت از قارچ‌های ترافل از جمله گونه ارزشمند ذکر شده، قوانینی برای حفاظت و بهره‌برداری از آنها وضع نموده‌اند (Fischer et al., 2017).

در میان راهبردهای مختلف مربوط به حفظ قارچ‌های ترافل جنگلی، تأسیس باغ‌های ترافل توسط گیاهان میزبان مناسب و تحت شرایط مناسب خاک از عوامل امیدبخشی است که می‌تواند در حفظ بقای این قارچ‌ها تأثیر بسزایی داشته باشد (Bratek et al., 2010).

با وجود ضرورت ایجاد باغ‌های ترافل (برای تغییر رویه از جمع‌آوری این قارچ‌ها از عرصه‌های طبیعی به کاشت و تولید محصول)، ایجاد همزیستی میان این قارچ‌ها و گیاهان میزبان و تولید محصول قارچ، به دلیل وجود محدودیت‌های فیزیکی منابع تولید (مانند خاک) با مشکل روبه‌روست. از این رو به منظور استفاده صحیح از منابع و ارتقای کیفیت عملیات مدیریتی، شناسایی مهمترین عوامل خاک که تولید محصول ترافل را در باغ‌های دست‌کاشت کنترل می‌کنند، ضروری به نظر می‌رسد.

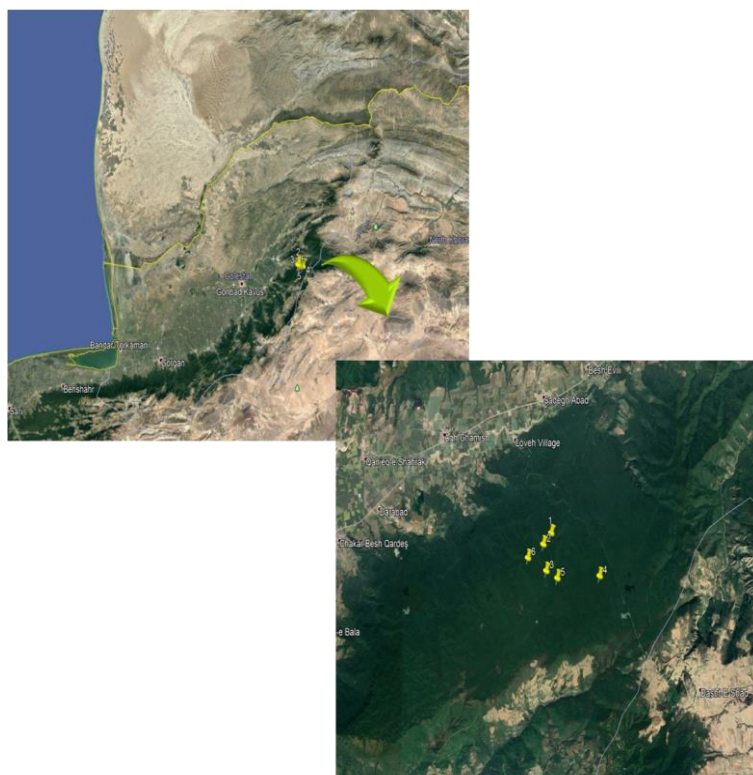
با توجه به اهمیت شناخت ویژگی‌های حاصلخیزی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان گلستان

جدول ۱- مشخصات واحدهای اکولوژیک در منطقه مورد مطالعه

شیب غالب (درصد)	جهت غالب	مختصات جغرافیایی (طول شرقی)	مختصات جغرافیایی (عرض شمالی)	ارتفاع (متر)	گیاهان همراه	گیاه میزبان	واحد اکولوژیک
۱۶	جنوبی	۵۵ درجه، ۴۰ دقیقه و ۳۹/۸ ثانیه	۳۷ درجه، ۱۹ دقیقه و ۲۹/۵ ثانیه	۱۱۳۵	ممرز، آلوکک، افرا، توسکا، ولیک، ازگیل، آلوچه، ون	بلوط	اول
۲۰	شمالی	۵۵ درجه، ۴۰ دقیقه و ۲۳/۰ ثانیه	۳۷ درجه، ۱۹ دقیقه و ۱۵/۵ ثانیه	۱۲۲۵	ممرز، آلوکک، افرا، نمدار، ولیک، ازگیل	بلوط	دوم
۲۵	شرقی	۵۵ درجه، ۴۰ دقیقه و ۲۹/۰ ثانیه	۳۷ درجه، ۱۸ دقیقه و ۴۲/۷ ثانیه	۱۳۷۶	بلوط	بلوط	سوم
۲۳	جنوبی	۵۵ درجه، ۴۲ دقیقه و ۲۱/۲ ثانیه	۳۷ درجه، ۱۸ دقیقه و ۳۶/۴ ثانیه	۱۴۶۵	بلوط، بارانک، آلوکک، نمدار، ولیک، ازگیل، افراشیردار، افراپلت، ون، ملج، خرمندی	ممرز	چهارم
۱۵	شرقی	۵۵ درجه، ۴۲ دقیقه و ۲۱/۲ ثانیه	۳۷ درجه، ۱۸ دقیقه و ۳۶/۴ ثانیه	۱۳۹۰	بلوط، ممرز، افرا	نمدار	پنجم
۱۸	جنوبی	۵۵ درجه، ۳۹ دقیقه و ۴۸/۳ ثانیه	۳۷ درجه، ۱۸ دقیقه و ۵۹/۶ ثانیه	۱۲۳۶	بلوط، ممرز، نمدار، ازگیل، افراپلت، افرا، کرب، ون	فندق	ششم



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی و توزیع واحدهای اکولوژیک در منطقه مورد مطالعه

شناسایی قارچ ترافل همزیست

در هر سایت منتخب، از ریشه درختان غالب سایت (گیاهان میزبان ذکر شده در جدول ۱) که به عنوان مهمترین میزبان توپرها نیز بودند، نمونه برداری به عمل آمد. به این ترتیب که در هر سایت حداقل پنج گیاه میزبان یکسان با داشتن ویژگی سلامت و شادابی و با فواصل حداقل ۵۰ تا ۱۰۰ متر انتخاب و از قسمت سایه انداز درخت (فاصله حدود ۰/۲۵ تا ۰/۵ متری از قاعده درخت)، نمونه‌های حدود ۵/۰ کیلوگرم از خاک به همراه ریشه از عمق صفر تا ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متری ریزوسفر هر گیاه جمع‌آوری و برای شناسایی قارچ‌های ترافل همزیست به آزمایشگاه منتقل شدند. ذکر این نکته لازم است که برای نمونه برداری یک راستای نمونه برداری به گونه‌ای انتخاب شد که تفاوت‌های فیزیوگرافی، توپوگرافی (ویژگی‌های شیب و ارتفاع) و پوشش گیاهی غالب در محل‌های تکرار نمونه برداری وجود نداشته باشد. در آزمایشگاه پس از شستن کامل ریشه‌ها از خاک، ۲۰

قطعه ریشه به طول ۱۰ سانتی‌متر از هر نمونه گیاهی جداسازی و به طور جداگانه در پتری‌های حاوی آب به قطعات دو سانتی‌متری تفکیک شدند تا در کل ۱۰۰ نوک ریشه در هر نمونه گیاهی تحت مشاهدات استریومیکروسکوپی و میکروسکوپی قرار گیرد. در هر نمونه گیاهی، نوک ریشه‌های اکتومیکوریزایی که دارای خصوصیات ریخت‌شناسی (مانند رنگ ماتل، خصوصیات سطح ماتل، نحوه انشعاب یافتگی و غیره) مشابه جنس توپر بودند، جداسازی و به دسته‌جات مشخص (مورفوتایپ) تقسیم‌بندی و تعیین شد که در هر نمونه گیاهی چند درصد از قارچ توپر وجود دارد. ارزیابی خصوصیات آناتومیکی و ریخت‌شناسی نوک ریشه‌ها براساس کلیدهای Agerer (۱۹۸۷-۲۰۱۲) و دو پایگاه داده آنلاین EctoMycorrhizal Community Data Base (Lancellotti et al., 2011) و DEEMY (Agerer & Rambold, 2004-2013) انجام شد.



شکل ۳- تصاویر واحدهای اکولوژیک در منطقه مورد مطالعه

مخلوط شدن یک نمونه مرکب برای هر یک از سایت‌ها تهیه شد. نمونه‌های خاک پس از هواخشک شدن و برداشتن پسماندهای درشت گیاهی و خرده‌سنگ‌ها و نرم کردن کلوخه‌ها و در نهایت عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری، برای آزمایش‌های خاک آماده‌سازی شدند.

تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش شامل اندازه‌گیری میزان اسیدیته، ماده آلی (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن کل (Bremner & Keeney, 1965)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی اسید باقی‌مانده به وسیله سود نیم نرمال (Nelson, 1982)، پتاسیم محلول در نمونه‌های خاک به روش نشر اتمی شعله (Sparks *et al.*, 1996)، کلسیم و منیزیم محلول خاک به روش تیتراسیون (Soil Survey Staff, 2004) و فسفر قابل جذب خاک به

در نهایت از مورفوتایپ غالب تعدادی نوک‌ریشه (۵ عدد) در تیوب‌های اپندورف در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا در نهایت برای استخراج DNA و شناسایی مولکولی گونه قارچی استفاده شوند. استخراج DNA و تکثیر ناحیه ITS قارچ تویر غالب با استفاده از آغازگرهای ITS5 و ITS7 انجام شد (Bertini *et al.*, 1999). شناسایی توالی توسط آنالیز مقایسه‌ای آن با توالی‌های نوکلئوتیدی ثبت شده در پایگاه داده Genbank انجام شد.

بررسی ویژگی‌های خاک

برای بررسی خصوصیات خاک، نمونه‌های خاک اطراف ریشه‌های برداشت شده تجزیه و تحلیل شد. به این منظور از پنج نمونه خاک برداشته شده از هر واحد اکولوژیک، پس از

روش اولسون (Olsen, 1954) در نمونه‌های خاک بود.

نتایج

شناسایی قارچ ترافل همزیست

نتایج بررسی‌های آناتومیکی ریشه‌ها نشان داد در تمام

نمونه‌های گیاهی قارچ توپر همزیست متعلق به گونه *Tuber aestivum* است. اکتومیکوریز تشکیل شده توسط گونه یادشده در سطح نوک ریشه، با رنگ قهوه‌ای اخراپی و بلوطی آن و با حضور نوک ریشه‌های متورمی که اغلب به صورت دوتایی تعبیه شده‌اند، شناسایی شد (شکل ۴).



شکل ۴- تصویری از انواع اکتومیکوریزا مشاهده شده در ریشه گیاهان میزبان (الف)، اکتومیکوریزای تشکیل شده توسط گونه *Tuber aestivum* (ب)؛ بزرگ‌نمایی (X ۴۰)

۲ نتایج شناسایی مولکولی این مورفوتایپ آمده است.

تجزیه و تحلیل DNA، شناسایی اکتومیکوریز *Tuber aestivum* با استفاده از میکروسکوپ را تأیید نمود. در جدول

جدول ۲- نتایج شناسایی مولکولی مورفوتایپ مرتبط با قارچ *Tuber aestivum*

قارچ	طول ناحیه تکثیر شده ITS (bp)	کد دسترسی	درصد تشابه
<i>Tuber aestivum</i>	۶۹۴	EU326689	۹۹/۲

تابستانه، تماماً در خاک‌های با pH بالا (۷/۱۱ تا ۷/۵۳) حضور داشتند و به این ترتیب در تمام مناطق مورد بررسی، خاک‌ها قلیایی یا نزدیک به خنثی بودند. همچنین میزان کربنات کلسیم خاک در تمام واحدهای اکولوژیک بالا (۷/۰۹ تا ۱۵/۶ درصد) بود. اما مشخص شد قارچ‌های ترافل در رویشگاه طبیعی در خاک‌های با غلظت پایین فسفر (۳۰/۸ تا ۴۶/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حضور داشتند. اگرچه میزان کلسیم خاک در واحدهای اکولوژیک مختلف در مقادیر متفاوت و البته بالا

بالاترین درصد کلونیزاسیون ریشه میزبان توسط این قارچ در گیاهان بلوط (۴۱ درصد) و کمترین آن در مرز (۲۱ درصد) و بعد فندق (۲۴ درصد) مشاهده شد (جدول ۳).

بررسی ویژگی‌های خاک

نتایج آنالیز خاک در زیستگاه‌های طبیعی قارچ ترافل در رویشگاه‌های لوه استان گلستان در جدول ۳ آورده شده است. براساس این نتایج مشخص شد، اندام‌های بارده قارچ توپر

در تمام واحدهای اکولوژیک میزان کربن آلی در سطحی متوسط و نسبت کربن/ نیتروژن بالای ۱۰ بود. درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ ترافل تابستانه در گیاهان میزبان بلوط در بیشترین سطح قرار داشت (جدول ۳).

اندازه‌گیری شد (۸/۰۷ تا ۱۷/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)؛ اما میزان منیزیم و پتاسیم در تمام مناطق پایین و در مقادیر مشابهی ثبت شد. همچنین درصد ماده آلی خاک و نیز درصد نیتروژن خاک در واحدهای اکولوژیک مختلف مشابه بود (جدول ۳).

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی خاک در مناطق مورد مطالعه

واحد اکولوژیک	گیاه میزبان	اسیدیته خاک	کربنات کلسیم (درصد)	فسفر (میلی‌گرم / کیلوگرم)	کلسیم (میلی‌گرم / لیتر)	منیزیم (میلی‌گرم / لیتر)	پتاسیم (میلی‌گرم / لیتر)	ماده آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	کربن/نیتروژن	نوکل‌ریشه‌های کلونیزه شده توسط <i>Tuber aestivum</i> (درصد)
۱	بلوط	۷/۲۷	۱۱/۷	۴۶/۲	۱۷/۵۸	۳/۹۴	۰/۵۵	۵/۶	۰/۳۸	۱۱/۴	۳۸
۲	بلوط	۷/۱۸	۱۲/۶	۴۴/۱	۱۴/۷۰	۳/۸۲	۰/۶۳	۶/۰	۰/۵۰	۱۲/۴	۳۵
۳	بلوط	۷/۵۳	۱۵/۶۰	۳۱/۳	۱۵/۴۲	۱/۱۹	۰/۴۵	۵/۱	۰/۳۵	۱۵/۲	۴۱
۴	ممرز	۷/۱۱	۸/۸	۴۰/۱	۱۱/۴۰	۳/۹۰	۰/۵۸	۵/۸	۰/۴۹	۱۲/۱	۲۱
۵	نمدار	۷/۴۱	۱۰/۹	۳۰/۸	۸/۰۷	۳/۱۷	۰/۳۸	۳/۴	۰/۳۴	۱۰/۸	۲۹
۶	فندق	۷/۳۳	۷/۰۹	۳۴/۲	۹/۹۱	۲/۲۳	۰/۹۵	۶/۴	۰/۴۴	۱۶/۱	۲۴

بحث

اگرچه بررسی تنوع قارچ‌های این جنس در سطح نوکل‌ریشه در سایر نقاط دنیا، هم در رویشگاه‌های طبیعی ترافل و هم در مناطق کشت‌شده به‌طور گسترده بررسی شده است (Leonardi et al., 2013; Hilszczańska et al., 2016, 2019). در تحقیق پیش‌رو جمعیت قارچی گونه‌های *Tuber spp.* در سطح نوکل‌ریشه درختان جنگلی برای نخستین بار در کشور ارزیابی شد.

در این تحقیق براساس مشاهدات میکروسکوپی مشخص شد در رویشگاه‌های طبیعی قارچ‌های ترافل علاوه بر گونه‌های جنس *Tuber spp.* جنس‌های دیگری از قارچ‌های

اکتومیکوریز نیز حضور دارند. براساس بررسی‌های آناتومیکی، مرفولوژیکی و مولکولی در این پژوهش، مشخص شد در تمام نمونه‌های گیاهی، قارچ توپر همزیست متعلق به گونه *Tuber aestivum* است. همچنین مشخص شد درصد کلونیزاسیون ریشه توسط این گونه قارچی در گیاهان میزبان بلوط در بیشترین سطح (۳۵ تا ۴۱ درصد)، در گیاهان فندق (۲۴ درصد) و بعد ممرز (۲۱ درصد) در کمترین میزان قرار دارد. در مطالعه مشابهی Benucci و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش نموده‌اند که در رویشگاه‌های ممرز و فندق به همراه توپر *T. aestivum* جمعیت بالایی از سایر قارچ‌های اکتومیکوریز به‌ویژه از خانواده *Thelephoraceae* وجود

می‌شوند (Gazo et al., 2005; Hilszczańska et al., 2014)؛ مطابق با این گزارش‌ها، در این تحقیق و در میان سایت‌های مورد بررسی، گیاه زبان‌گنجشک در واحدهای اکولوژیک یک، چهار و شش حضور داشت.

علاوه بر نوع گیاهان میزبان و گیاهان همراه که به آن پرداخته شد، خاک نیز نقش کلیدی در تولید و رشد ترافل‌ها دارد. براساس منابع موجود، بافت خاک، pH و مقدار یون‌های کلسیم عوامل اصلی تعیین‌کننده در این زمینه هستند (Chevalier, 2012).

براساس نتایج این تحقیق مشخص شد که به‌طور کلی در تمام واحدهای اکولوژیک محل رویش قارچ ترافل سیاه تابستانه pH خاک (۷/۱۱ تا ۷/۵۳) قلیایی یا نزدیک به خنثی بود. این یافته مطابق با نتایج سایر محققان در خاک‌های محل رویش این قارچ در مجارستان و سوئد است (Wedén et al., 2009; Gogan Csorbaine et al., 2012). در فرانسه و ایتالیا نیز گزارش شده است که در رویشگاه‌های قارچ‌های ترافل همواره pH خاک بالاتر از ۷ و بین ۷/۱ تا ۸ ثبت شده است (Chevalier & Sourzat, 2012). Thomas (2012) گزارش کرد که pH بهینه برای همزیستی قارچ ترافل تابستانه *T. aestivum* میزان ۷/۵۱ است.

مطابق با نتایج سایر محققان، محتوای کلسیم خاک در رویشگاه‌های قارچ‌های ترافل باید در حد قابل‌قبولی وجود داشته باشد؛ به‌طوری‌که مطابق با گزارش‌ها، افزایش محتوای کربنات کلسیم به‌طور مثبت بر تعداد اندام بارده قارچ *T. aestivum* تأثیر می‌گذارد (Hilszczańska et al., 2019). در سایت‌های مورد بررسی در این تحقیق نیز، درصد کربنات کلسیم خاک و نیز مقدار کلسیم خاک در تمام واحدهای اکولوژیک بالا بود که این مسئله مطابق با مطالعات گسترده‌ای است که نشان می‌دهد به‌طور کلی وجود مقادیر بالای کلسیم نه تنها برای همزیستی ترافل سیاه تابستانه ضروریست، بلکه سایر قارچ‌های اکتومیکوریز نیز برای همزیستی به کلسیم بالایی در خاک نیاز دارند (Monfort-Salvador et al., 2015). علاوه بر این Gryndler و همکاران (2017) نشان دادند که دسترسی بالا به کلسیم باعث تحریک توسعه میسلیوم

دارد. همچنین Hilszczańska و همکاران (2016) نشان دادند که جمعیت قارچ‌های اکتومیکوریز غیر توپر در ریشه‌های گیاهان فندق جمعیت بالاتری نسبت به گیاهان بلوط دارد. بدون تردید، اثرهای میزبان از مهمترین عواملی است که ساختار و تنوع جمعیت قارچ‌های اکتومیکوریز همزیست را تعیین می‌کند. گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد ترجیح برای یک نوع میزبان خاص نسبت به سایر گونه‌ها می‌تواند به‌طور مستقیم روی جمعیت قارچ‌های اکتومیکوریز تأثیر بگذارد و این ترجیح برای گونه‌های میزبان که به‌تازگی در جایگزینی جوامع گیاهی ظهور می‌یابند، قوی‌تر است (Ishida et al., 2007).

در مورد بیولوژی، اکولوژی و شرایط بهینه برای ایجاد اندام‌های بارده قارچ توپر، به‌دلیل رویش در زیرزمین، ابهامات فراوانی وجود داشته و مطالعات در این زمینه همچنان ادامه دارد. اما آنچه مسلم است در شرایط زیستگاهی خاص، اندام‌های بارده قارچی در پی همزیستی با میزبان‌های خاص خود تشکیل می‌شوند (Stobbe et al., 2012).

جوامع گیاهی از عوامل مهمی هستند که توسعه و رشد ترافل‌ها را متأثر می‌کنند. یک دسته از این جوامع گیاهی متشکل از گیاهان میزبانی هستند که همزیستی میکوریزایی را با ترافل‌ها تشکیل می‌دهند و دسته دوم نیز شامل گیاهان دیگری می‌شوند که با قارچ همزیستی ایجاد نمی‌کنند. از دسته دوم جوامع گیاهی، می‌توان گیاهان ولیک (*Crataegus spp.*) و زبان‌گنجشک یا ون (*Fraxinus excelsior*) را نام برد؛ این گیاهان تهویه مناسبی را از هوا در خاک تشکیل می‌دهند که موجب تحریک رشد ترافل‌ها می‌شود. طبق گزارش Wedén و همکاران (2004)، گیاه زبان‌گنجشک دارای ساختاری با سایه‌انداز (کانوبی) ویژه‌ای است که تأثیر مثبتی بر دمای خاک دارد، درحالی‌که گیاه ولیک بر محتوای هوا در خاک تأثیر مثبت دارد. گیاه زبان‌گنجشک اغلب به‌همراه گیاهان اصلی میزبان ترافل‌ها مانند *Corylus avellana*, *Quercus spp.*, *Tilia cordata* و *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica* هستند. گزارش شده است که اندام‌های بارده قارچ ترافل تابستانه *T. aestivum* اغلب در چنین همسایگی‌هایی یافت

می‌تواند برای کلونیزاسیون ریشه توسط *T. aestivum* مطلوب باشد، زیرا در سایت‌های اول و سوم این نسبت بالاترین بود. نسبت K/Mg در همه سایت‌ها زیر دو بود که نشان می‌دهد جذب منیزیم توسط گیاه تأثیر منفی در ایجاد همزیستی نداشته است (Wedén et al., 2004).

بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد در استان گلستان، به غیر از بلوط، گونه‌های گیاهی دیگری مانند *Corylus cordata* از نظر میزبانی قارچ‌های توبر از اهمیت بالایی برخوردارند. این یافته مطابق با گزارش‌های ارائه شده محققان سایر مناطق دنیا است (Chevalier & Frochot, 1997; Gazo et al., 2005; Hilszczańska et al., 2008).

توانایی قارچ ترافل تابستانه در سازگاری با طیف گسترده‌ای از شرایط محیط‌زیستی و اقلیمی به قارچ اجازه می‌دهد تا با محیط‌های مختلفی سازگار شود. از این رو قارچ *T. aestivum* در بسیاری از نواحی دنیا و با دامنه‌ای از میزبان‌های درختی نهان‌دانه و بازدانه در انواع مختلفی از خاک‌ها و زیستگاه‌ها گزارش شده است (Fischer et al., 2017). همچنین داده‌های مولکولی موجود نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بسیار بالا در جمعیت‌های این گونه است، حتی بالاتر از آنچه در مورد *T. melanosporum* وجود دارد (Molinier et al., 2016). از این رو با توجه به تنوع ژنتیکی و زیستگاهی *T. aestivum* به نظر می‌رسد جمعیت‌های طبیعی این قارچ به صورت محلی با طیف وسیعی از شرایط اقلیمی، خاک، درختان میزبان و سایر متغیرهای محیطی سازگار شده‌اند. بنابراین از یکسو لازم است تنوع ژنتیکی *T. aestivum* به عنوان منبع مهمی برای کشت پایدار این گونه و در نهایت پرورش و زادآوری کولتیوارها مورد توجه قرار گیرد (Stobbe et al., 2013) و از سوی دیگر چالش مهم بعدی که در واقع هدف این تحقیق بود، تخمین دقیق شرایط مطلوب برای تولید و رشد اندام بارده قارچ ترافل *T. aestivum* است. شناسایی شرایطی که منجر به کلونیزاسیون ریشه میزبان توسط این قارچ همزیست شده و در نهایت توسعه و استمرار

ترافل می‌شود. همچنین اهمیت کربنات‌ها برای توسعه و رشد مناسب سه گونه ترافل *T. melanosporum*، *T. aestivum* و *T. mesentericum* توسط برخی محققان گزارش شده است (García-Montero et al., 2012; Chevalier & Sourzat, 2012).

در تحقیق پیش‌رو مشخص شد قارچ‌های ترافل در رویشگاه طبیعی لوه در خاک‌های با غلظت پایین فسفر حضور داشتند. میزان یون‌های فسفر محاسبه شده در خاک سایت‌های مورد مطالعه، مطابق با میزان فسفر گزارش شده از خاک رویشگاه‌های قارچ ترافل تابستانه در مطالعات سایر محققان بود (Hilszczańska et al., 2008; Bruhn & Hall, 2011). بر همین اساس می‌توان گفت سایت سوم با داشتن معیارهای مثبت همانند پایین بودن میزان فسفر و نیز بالا بودن میزان کلسیم خاک، مناسب‌ترین شرایط را برای رشد ترافل‌ها دارد. به طوری که بر اساس محاسبه درصد نوک‌ریشه‌های کلونیزه شده توسط *T. aestivum* نیز مشخص شد گیاهان میزبان سایت سوم دارای بالاترین درصد کلونیزاسیون هستند.

نسبت کربن/ نیتروژن در تمام خاک‌ها بالای ۱۰ بود که نشان‌دهنده ترجیح این قارچ نسبت به خاک‌هایی است که غنی از نیتروژن در دسترس نیستند و مقدار بالای نیتروژن در خاک می‌تواند توسعه میکوریز را محدود کند. این یافته مطابق با نتایج تحقیقات Wedén و همکاران (۲۰۰۹) در رویشگاه‌های قارچ ترافل تابستانه در سوئد است. همچنین Chevalier و Frochot (۱۹۹۷) گزارش نمودند که از ۲۵ سایت محل رویش اندام بارده قارچ توبر در فرانسه تنها یک مورد دارای نسبت کربن/ نیتروژن پایین‌تر از ده بود.

برای زمین‌های کشاورزی، نسبت C/N زیر ده نشانه‌ای از کوددهی خاک با کودهای نیتروژنی است. بنابراین به نظر می‌رسد *T. aestivum* خاک‌هایی را ترجیح می‌دهد که از نظر نیتروژن قابل تجزیه غنی نیستند و تنها یکی از نمونه‌های خاک این تحقیق (جدول ۳) نسبت C/N نزدیک به ده دارد. البته مقدار بالای نیتروژن در خاک می‌تواند توسعه میکوریز را محدود کند (Rudawska et al., 2001).

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نسبت Ca/Mg بالاتر،

- distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica Chimica Acta*, 32: 485-495.
- Bruhn, J. and Hall, M. 2011. Burgundy Black Truffle Cultivation in an Agroforestry Practice. *Agroforestry in action Guide*, AF1015 2011. University of Missouri Center for Agroforestry. Columbus.
- Chevalier, G. 2012. Europe, a continent with high potential for the cultivation of the Burgundy truffle (*Tuber aestivum* / *uncinatum*). *Acta Mycologica*, 47(2): 127-132.
- Chevalier, G. and Frochot, H. 1997. La Truffe de Bourgogne. Pétrarque, Levallois-Perret, 257 p.
- Chevalier, G. and Sourzat, P. 2012. Soils and Techniques for Cultivating *Tuber melanosporum* and *Tuber aestivum* in Europe. In *Edible Ectomycorrhizal Mushrooms: Current Knowledge and Future Prospects*. Zambonelli, A. and Bonito, G.M. (Eds.), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, Germany, 163p.
- Fischer, C.R., Oliach, D., Bonet, J.A. and Colinas, C. 2017. Best Practices for Cultivation of Truffles. Forest Sciences Centre of Catalonia, Solsona, Spain; Yaşama Dair Vakıf, Antalya, Turkey, 68p.
- García-Montero, L.G., Valverde-Asenjo, I., Moreno, D., Diaz, P., Hernando, I., Menta, C. and Tarasconi, K. 2012. Influence of Edaphic Factors on Edible Ectomycorrhizal Mushrooms: New Hypotheses on Soil Nutrition and C Sinks Associated to Ectomycorrhizae and Soil Fauna Using the Tuber Brule Model. In: *Edible Ectomycorrhizal Mushrooms*. Soil Biology 34. Zambonelli, A. and Bonito, G.M. (Eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 83-105.
- Gazo, J., Miko, M. and Chevalier, G. 2005. First results of inventory research on economically important species of truffles (*Tuber*) in the Tribec Mountains. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 8(3): 66-71.
- Gogan Csorbaine, A., Nagy, Z., Degi, Z., Bagi, I. and Dimenyi, J. 2012. Ecological characteristics of a Hungarian summer truffle (*Tuber aestivum* Vittad.) producing area. *Acta Mycologica*, 47(2):133-138.
- Gryndler, M., Beskid, O., Hujslová, M., Konvalinková, T., Bukovská, P., Zemková, L., Hršelová, H. and Jansa, J., 2017. Soil receptivity for ectomycorrhizal fungi: *Tuber aestivum* is specifically stimulated by calcium carbonate and certain organic compounds, but not mycorrhizospheric bacteria. *Applied Soil Ecology*, 117-118: 38-45.
- Hilszczańska, D., Rosa-Gruszecka, A. and Szmidla, H. 2014. Characteristic of Tuber spp. localities in natural stands with emphasis on plant species composition. *Acta Mycologica*, 49: 267-277.
- Hilszczańska, D., Siebyla, M., Horak, J., Król, M., Podsadni, P., Steckiewicz, P., Bamburówicz-Klimkowska, M., Szutowski, M. and Turlo, J. 2016. همزیستی را به همراه دارد؛ موجب اتخاذ روش‌های بهینه مدیریت (مانند نحوه و میزان آبیاری، نحوه خاک‌ورزی خاک و به‌کارگیری منابع آلی و مواد مغذی در خاک) در باغ‌های ترافل شده و موجب افزایش میزان موفقیت در احداث باغ‌های ترافل می‌شود؛ از این رو نتایج این تحقیق می‌تواند برای تولیدکنندگان ترافل بسیار مهم و کاربردی باشد.
- ### منابع مورد استفاده
- Agerer, R. and Rambold, G. 2004-2013. DEEMY – an information system for characterization and determination of ectomycorrhizae. München, Germany. <http://www.deemy.de>. Accessed 25 June 2013.
- Agerer, R. 1987-2012. Colour atlas of ectomycorrhizae. 1st-15th delivery, Einhorn, Schwäbisch Gmünd.
- Anonymous, 2001. Forest Management Plan, Loveh Forest, District No. 1. Published by Natural Resources and Watershed Management Office at Golestan province, Gorgan, 780p. (In Persian).
- Benucci, G.M.N., Raggi, L., Albertini, E., Grebenc, T., Bencivenga, M., Falcinelli, M. and Di Massimo, G. 2011. Ectomycorrhizal communities in a productive *Tuber aestivum* Vittad. Orchard: composition, host influence and species replacement, *FEMS Microbiology Ecology*, 76: 170-184.
- Bertini, L., Amicucci, A., Agostini, D., Polidori, E., Potenza, L., Guidi, C. and Stocchi, V. 1999. A new pair of primers designed for amplification of the ITS region in *Tuber* species. *FEMS Microbiology Letters*, 173: 239-245.
- Bonito, G., Smith, M.E., Nowak, M., Healy, R.A., Guevara, G., Cázares, E., Kinoshita, A., Nouhra, E.R., Domínguez, L.S., Tedersoo, L., Murat, C., Wang, Y., Arroyo Moreno, B., Pfister, D.H., Nara, K., Zambonelli, A., Trappe, J.M. and Vilgalys, R. 2013. Historical Biogeography and Diversification of Truffles in the *Tuberaceae* and Their Newly Identified Southern Hemisphere Sister Lineage. *PLoS ONE*, 8(1): e52765.
- Bonito, G.M., Gryganskyi, A.P., Trappe, J.M. and Vilgalys, R. 2010. A global metaanalysis of *Tuber* ITS rDNA sequences: species diversity, host associations and long distance dispersal. *Molecular Ecology*, 19(22): 4994-5008.
- Bratek, Z., Merenyi, Z., Illies, Z., Laslo, P., Anton, A., Papp, L., Merkl, O., Garay, J., Vikor, J. and Brandt, S. 2010. Studies on the ecophysiology of *Tuber aestivum* populations in the Carpatho-Pannonian region. *Österr. Z. Pilz.*, 19: 221-226.
- Bremner, J.M. and Keeney, D.R. 1965. Steam

- Reyna, S. and Garcia-Barreda, S. 2014. Black truffle cultivation: a global reality. *Forest Systems*, 23(2): 317–328.
- Rudawska, M., Leski, T. and Gornowicz, R. 2001. Mycorrhizal status of *Pinus sylvestris* nursery stock in Poland as influenced by nitrogen fertilization. *Dendrobiology*, 46: 49–58.
- Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, third ed. Academic Press, San Diego, CA.
- Soil Survey Staff. 2004. *Soil survey laboratory methods manual*, USDA-NRCS, US Government, Printing Office: Washington, DC. 700p.
- Sparks, D.L., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Tabatabai, M., Johnston, C. and Sumner, M. 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3- Chemical Methods*, SSSA/ASA. Madison, WI, Inc.
- Stobbe, U., Büntgen, U., Sproll, L., Tegel, W., Egli, S. and Fink, S. 2012. Spatial distribution and ecological variation of re-discovered German truffle habitats. *Fungal Ecology*, 5(5): 591–99.
- Stobbe, U., Egli, S., Tegel, W., Peter, M., Sproll, L. and Büntgen, U. 2013. Potential and limitations of Burgundy truffle cultivation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(12): 5215–24.
- Strullu-Derrien, C., Selosse, M.-A., Kenrick, P. and Martin, F.M. 2018. The origin and evolution of mycorrhizal symbioses: from palaeomycology to phylogenomics. *New Phytologist*, 220:1012-1030.
- Thomas, P.W. 2012. The role of pH in *Tuber aestivum* syn. *uncinatum* mycorrhiza development within commercial orchards. *Acta Mycologica*, 47(2): 161–167.
- Urban, A. and Pla, T. 2010. Conservation strategies for *Tuber aestivum*. *Austrian Journal of Mycology*, 19: 273-279.
- Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29–38.
- Wedén, C. 2004. Black truffles of Sweden: Systematics, Population Studies, Ecology and Cultivation of *Tuber aestivum* syn. *T. uncinatum*. Acta Universitatis Upsaliensis.
- Wedén, C., Pettersson, L. and Danell, E. 2009. Truffle cultivation in Sweden: Results from *Quercus robur* and *Corylus avellana* field trials on the island of Gotland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(1): 37.
- Comparison of chemical composition in *Tuber aestivum* Vittad. of different geographical origin. *Chemistry and Biodiversity*, 13(12): 1617.
- Hilszczańska, D., Sierota, Z. and Palenzona, M. 2008. New *Tuber* species found in Poland, *Mycorrhiza*, 18(4): 223 – 226.
- Hilszczańska, D., Szmidla, H., Sikora, K. and Rosa-Gruszecka, A. 2019. Soil Properties Conducive to the Formation of *Tuber aestivum* Vitt. Fruiting Bodies. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(3): 1713-1718.
- Ishida, A., Nara, K. and Hogetsu, T. 2007. Host effects on ectomycorrhizal fungal communities: insight from eight host species in mixed conifer-broadleaf forests. *New Phytologist*, 174: 430-440.
- Lancellotti, E., Iotti, M., Meli, A., Zambonelli, A. and Franceschini, A. 2011. eMyCo-Ectomycorrhizal Community Database. *Micologia Italiana*, 40(3): 23-30.
- Leonardi, M., Iotti, M., Oddis, M., Lalli, G., Pacioni, G., Leonardi, P., Maccherini, S., Perini, C., Salerni, E. and Zambonelli, A. 2013. Assessment of ectomycorrhizal fungal communities in the natural habitats of *Tuber magnatum* (Ascomycota, Pezizales). *Mycorrhiza*, 23: 349-358.
- Molinier, V., Murat, C., Baltensweiler, A., Büntgen, U., Martin, F., Meier, B. and Peter M. 2016. Fine-scale genetic structure of natural *Tuber aestivum* sites in southern Germany. *Mycorrhiza*, 26(8): 895-907.
- Monfort-Salvador, I., García-Montero, L.G. and Grande, M.A. 2015. Impact of calcium associated to calcareous amendments on ectomycorrhizae in forests: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(1): 217-231.
- Morte, A., Zamora, M., Gutiérrez, A. and Honrubia, M. 2009. Desert truffle cultivation in semiarid mediterranean areas. In: Azcon-Aguilar *et al.*, (eds) *Mycorrhizas-functional processes and ecological impact*. Springer, Heidelberg, pp. 221–233.
- Nelson, D.W. and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*; Sparks, D.L., (Ed.), SSSA Book Series No. 5; Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, pp. 961–1010.
- Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture, Washington. Circular 939.

Soil properties in natural Truffle (*Tuber* spp.) habitats in Golestan province

S. M. Zamani^{1*}, R. Gholami Ghavamabad², A. Karimidoost³ and S. Zeinali²

1* - Corresponding author, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran E-mail: mzamani@rifr-ac.ir

2- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Golestan, Iran

Received: 18.05.2020

Accepted: 20.10.2020

Abstract

This study was conducted to investigate the properties of soil in natural habitats of truffle fungi (*Tuber* spp.) in six selected sites located in Loveh forests of Golestan province. Sampling of tree roots was done in the area that the host of *Tuber* spp. was existed and most of the truffle was harvested from them. The *Tuber* fungus was identified by the ITSrDNA region and comparing its sequence with the nucleotide sequences of the Genbank database. To sample the soil around the roots, five soil samples were taken from each ecological unit and then a mixture of sample was prepared. After that, the pH, organic matter, total nitrogen, calcium carbonate, potassium, calcium, magnesium and soil phosphorus were measured. *Tuber* fungus was identified as *Tuber aestivum*. All *T. aestivum* fruiting bodies were present in soils with alkaline pH and low phosphorus concentrations. The C/N ratios of soils were above ten, indicating a preference of *T. aestivum* for soils that are poor in the readily degradable nitrogen and high nitrogen content in soils can limit the development of mycorrhizae. Our inventory suggested that a higher Ca/Mg ratio could be favourable for *T. aestivum* fruiting. The K/Mg ratio was below two in all sites. Our results showed that in Golestan province, the host plant species except of *Quercus* spp. are also important in regard to the hosting *Tuber* species.

Key words: *Tuber* spp., Host Plants, Soil Properties, Habitats.