

ارزیابی مقایسه‌ای میکوریزای آربوسکولار در هالوفیت‌ها و گلیکوفیت‌های جزایر حفاظت شده پارک ملی دریاچه ارومیه و سواحل این دریاچه

جلیل خارا*^۱، حسن زارع مایوان^۲

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

۲ گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس

(دریافت ۸۲/۸/۴؛ پذیرش: ۸۲/۱۲/۱۳)

چکیده

در این مطالعه وجود همزیستی میکوریزای آربوسکولار در هالوفیت‌های جزایر حفاظت شده پارک ملی دریاچه ارومیه مورد بررسی و از نظر کمی و کیفی با گلیکوفیت‌های این نواحی و با گیاهان سواحل غربی دریاچه مورد مقایسه قرار گرفته است. از ریشه گیاهان و خاک ریزوسفری و غیر ریزوسفری این مناطق نمونه‌برداری شد. اسپوره‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در خاک شمارش شدند و وجود اندامهای قارچی در ریشه گیاهان بررسی و درصد همزیستی تعیین شد. همچنین هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک بعنوان معیاری از شوری در نمونه‌های خاک اندازه گیری شد. اسپوره‌های قارچ‌های جنس *Glomus* در خاک مشاهده شد. مقدار آنها در خاک ریزوسفری هر دو ناحیه بیشتر از خاک غیر ریزوسفری بود. اما از نظر کمی بالاترین مقدار متعلق به خاک ریزوسفری گلیکوفیت‌های جزایر بود. همزیستی میکوریزایی در گلیکوفیت‌های جزایر شامل *Senecio vernalis*، *Bromus scoparius* و *Astragalus sp.* در حد بالا، در *Stipa barbata*، *Senecio vernalis*، *Silene conoidea*، *Artemisia fragrans* و *Dipsacus sp.* در حد *Echinops orientalis* در حد متوسط و در *Alyssum linifolium* و *Descurainia sophia* در حد بسیار اندک و غیر قابل شمارش بود. همچنین در سواحل، در *Salsola kali* و در جزایر در *Salicornia europaea* و *Suaeda crassifolia* مقدار کمی همزیستی مشاهده شد. در بین هالوفیت‌ها، *Aeluropus littoralis* مربوط به جزایر بیشترین درصد همزیستی را نشان داد. همچنین، در هیچیک از نمونه‌های *Halimione verruciferum* همزیستی مشاهده نشد. بررسی آماری داده‌های شوری خاک در مقایسه با درصد همزیستی نشان می‌دهد که عدم همزیستی در برخی گونه‌ها احتمالاً ارتباط چندانی با شوری خاک نداشته باشد. این بررسی نشان می‌دهد که در جزایر پارک ملی، هالوفیت‌های فوق قابلیت تشکیل همزیستی با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را دارا هستند.

واژه‌های کلیدی: میکوریزای آربوسکولار، گلیکوفیت، هالوفیت، دریاچه ارومیه، جزایر حفاظت شده.

مقدمه

تقریباً ۷ درصد سطح کره زمین از زیستگاههای شور پوشیده شده است (Ruiz Lozano *et al.*, 1996). در این زیستگاهها جوامع گیاهی و پراکندگی ناحیه ای گونهها در غلظتهای یکسان نمک مشابه است (Chapman, 1960). در این خاکها ظاهراً درجه شوری بر قابلیت رقابت گیاهان حاکم است، درحالیکه پارامترهای دیگر از جمله بافت خاک، pH یا ساختمان اهمیت فرعی در زندگی گیاه دارند (Hildebrandt *et al.*, 2001). مقالات موجود در زمینه همزیستی میکوریزایی در این گونه زیستگاهها متناقض هستند. جوامع گیاهی باتلاقهای شور غیر از گندمیان به تیره های Juncaceae, Plumbaginaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Juncaginaceae و سایر تیرهها تعلق دارند که تصور می شود غیر میکوریزایی باشند (Brundrett, 1991). طی یک مرور جامع شواهدی وجود دارند که نشان می دهند جوانه-زنی اسپور میکوریزایی، رشد بعدی هیف و میزان تاثیر آن در همزیستی با ریشه گیاهان با افزایش غلظت نمک کاهش می یابد (Juniper & Abbot, 1993). این زیستگاهها غنی از آب بوده و در طی بخش عمده ای از سال غرقاب هستند. میزان زیاد نمک و آب برای رشد قارچهای میکوریزایی نامطلوب است. تصور می شود گیاهان این نقاط عموماً با قارچهای میکوریزی آربوسکولار همزیستی نداشته باشند (Peat & Fitter, 1993). از سوی دیگر داده های پراکنده ای در میان مقالات وجود دارند که نشان می دهند گیاهان واجد میکوریزا در باتلاقهای شور سراسر جهان وجود دارند و ممکن است میزان اسپورهای قارچی میکوریز در خاکهای شور بالا باشد (Fa-Yuan Wang *et al.*, in press). همزیستی هالوفیتها با این قارچها از مدتها پیش توصیف شده است (Mason, 1928). اخیراً نیز گزارش هایی منتشر شده است که گونه *Aster tripolium* از بالاترین میزان همزیستی برخوردار است (Carvalho *et al.*, 2001). حتی گونه هایی از Chenopodiaceae و گیاهان بسیار مقاوم به شوری مانند *Salicornia* و *Suaeda* نیز می توانند همزیستی داشته باشند (Bothe *et al.*, 2001; Van Duin *et al.*, 1989; Carvalho *et al.*, 2001; Hildebrandt *et al.*, 2001; Kim & Weber, 1985; Sengupta & Chaudhuri, 1990).

این مقالات نسبتاً متناقض ما را بر آن داشت تا بصورت مقایسه ای، همزیستی میکوریزایی را در زیستگاههای مجاور دریاچه ارومیه بین گلیکوفیتها و هالوفیتها بررسی کنیم. به این منظور چهار جزیره حفاظت شده در داخل پارک ملی دریاچه (کبودان، اشک، آرزو و اسپیر) و دو نقطه در ساحل غربی واقع در منطقه رشکان و کوه زنبیل انتخاب شدند. جزایر فوق با توجه به توپوگرافی، دارای رویشهای گلیکوفیت و هالوفیت هستند (عصری، ۱۳۷۷).

مواد و روشها

الف - موقعیت جغرافیایی

نمونه برداری‌ها از جزایر حفاظت شده دریاچه ارومیه و سواحل غربی این دریاچه با مختصات معلوم (جدول ۱) انجام گرفت. این مختصات با استفاده از GPS (با مارک GARMIN) بدست آمدند.

جدول ۱ - مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری

| نام محل | مختصات کلی محل | مختصات نقطه هالوفیتی | مختصات نقطه گلیکوفیتی |
|------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|
| جزیره کبودان (قویون داغی) | E ۴۲°۴۵' تا ۴۵°36' N ۳۱°۳۷' تا ۲۸°۳۷' | E ۱۰°۳۸'۴۵/۶ N ۴۸°۲۹'۳۷/۱ | E ۵۰°۳۸'۴۵/۲ N ۳۲°۲۸'۳۷/۸ |
| جزیره اشک (اشک داغی) | E ۳۵°۴۵' تا ۲۹°۴۵' N ۲۷°۳۷' تا ۲۱°۳۷' | E ۰۶°۳۲'۴۵/۲ N ۱۳°۲۴'۳۷/۷ | E ۵۵°۳۲'۴۵/۲ N ۵۴°۲۱'۳۷/۹ |
| جزیره آرزو | E ۳۹°۴۵' تا ۳۸°۴۵' N ۳۳°۳۷' تا ۳۱°۳۷' | E ۵۴°۳۶'۴۵/۷ N ۱۷°۳۲'۳۷/۲ | E ۱۰°۳۶'۴۵/۱ N ۲۰°۳۱'۳۷/۳ |
| جزیره اسپیر | E ۳۳°۴۵' تا ۳۰°۴۵' N ۳۱°۳۷' تا ۲۹°۳۷' | E ۵۸°۳۱'۴۵/۴ N ۰۸°۲۸'۳۷/۸ | E ۰۴°۳۱'۴۵/۹ N ۵۱°۲۸'۳۷/۰ |
| ساحل رشکان | --- | E ۳۰°۱۹'۴۵/۱ N ۵۵°۱۹'۳۷/۲ | E ۰۵°۱۹'۴۵/۰ N ۴۹°۱۹'۳۷/۵ |
| ساحل جنوبی کوه زنبیل | --- | E ۲۰°۱۷'۴۵/۵ N ۱۰°۴۶'۳۷/۲ | E ۵۴°۱۶'۴۵/۲ N ۰۲°۴۶'۳۷/۸ |

پوشش گیاهی جزایر با افزایش ارتفاع به تدریج از هالوفیت به گلیکوفیت تغییر می‌یابد، بطوریکه نوار باریکی به عرض تقریبی ۵۰ تا ۳۰۰ متر دور تا دور جزایر از نقاط خالی از رویش و نقاط حاوی هالوفیت‌ها تشکیل شده است. با افزایش ارتفاع و دور شدن از ساحل رویشهای گلیکوفیت ظاهر می‌شوند. در نقاط ساحلی جزایر باتلاقیهای شور کوچک و پراکنده‌ای به چشم می‌خورد که زیستگاه مناسبی برای گونه‌هایی چون *Salicornia europaea*، *Suaeda crassifolia* و *Halimione verruciferum* است. در حاشیه دورتر از این گودال‌ها رویش کم تراکمی از *Aeluropus littoralis* بصورت پیرامونی جای گرفته است. همچنین گیاه مقاوم به شوری *Salsola kali* بصورت پراکنده در برخی از این زیستگاهها یافت می‌شود.

ب - نمونه‌های ریشه و خاک

سه نمونه ریشه گیاهی از هر گونه گلیکوفیتی و هالوفیتی تهیه گردید. فاصله مکانی نمونه‌ها با توجه به تغییر در پوشش گیاهی ۱۰ تا ۳۰۰ متر و سطح نمونه‌برداری ۱ متر مربع بوده است. نمونه‌های ریشه گلیکوفیت شامل گونه‌های زیر از جوامع مختلف تهیه گردید:

بروموس (*Bromus scoparius*)، گون (*Astragalus sp.*)، استیپا (*Stipa barbata*)، پیرگیاه (*Senecio vernalis*)، سیلن (*Silene conoidea*)، درمنه (*Artemisia fragrans*)، خواجه باشی (*Dipsacus sp.*)، شکر تیغال (*Echinops orientalis*)، قدومه (*Alyssum linifolium*) و خاکشیر (*Descurainia sophia*).

نمونه‌های هالوفیتی نیز از گونه‌های زیر تهیه گردید:

Salicornia europaea, *Suaeda crassifolia*, *Salsola kali*, *Halimione verruciferum*,
Aeluropus littoralis

در سواحل نیز در کوه زنبیل نیز از گونه‌های هالوفیت شامل *Aeluropus*, *Salicornia*, *Suaeda* و *Halimione* و گیاه غرقاب نی (*Phragmites communis*) و در رشکان از *Salsola kali*، *Salicornia*، *Suaeda* و گیاه گلیکوفیت *Senecio vernalis* نمونه‌برداری شد (نصیری، ۱۳۷۵).

پس از تهیه ۴ نمونه خاک از هر نقطه و مخلوط کردن آنها، به میزان تقریبی ۳۰ گرم (سه نمونه ۱۰ گرمی) از این مخلوط برای بررسی حضور و تعداد اسپورهای میکوریزیایی نمونه‌برداری شد. از خاک مجاور ریشه گیاهان فوق (بعنوان خاک ریزوسفری) و از خاک فاقد پوشش گیاهی (بعنوان خاک غیر ریزوسفری) استفاده شد. همچنین نمونه‌های جداگانه‌ای از خاک در سه تکرار و هر کدام به وزن تقریبی ۵۰۰ گرم از همان محلها برای اندازه‌گیری میزان شوری خاک تهیه گردید.

پ - بررسی آزمایشگاهی

نمونه‌های ریشه در محل شستشو داده شده و پس از جداسازی ریشه‌های جوان قطعاتی به طول تقریبی ۱۰ میلی‌متر بریده شده و در محلول FAA (فرمالدئید ۳۷ درصد، اسیداستیک ۹۶ درصد، اتانول ۹۶ درصد و آب به ترتیب به نسبت ۱۰۰/۱۰۰/۵/۱۳) قرار داده شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها بتدریج از محلول خارج شده به مدت یک ساعت در KOH با غلظت ۲/۵ تا ۱۰ درصد و با دمای ۹۰ درجه قرار داده شد تا رنگ‌زدایی شود. با توجه به ویژگی‌های ریشه در گونه‌های مختلف (دارا بودن مقادیر متفاوتی از مواد رنگی، میزان نفوذپذیری متفاوت، قطر متفاوت در ریشه‌های هم سن و نظایران) غلظت مناسب برای رنگ‌زدایی هر یک از نمونه‌ها بطور تجربی بدست آمد.

سپس ریشه‌ها دوبار و هر بار به مدت ۲ دقیقه در HCl یک درصد قرار داده شدند تا ریشه‌ها اسیدی شوند. برای رنگ‌آمیزی از محلول لاکتو گلیسرول فوشین اسیدی به مدت یک ساعت در دمای ۹۰ درجه استفاده شد. نمونه‌ها پس از رنگ‌بری در لاکتوگلیسرول، به روش تقاطع خطوط شبکه (Grid line intersect method) مورد بررسی قرار گرفته و میزان همزیستی میکوریزی آنها بر حسب درصد طول ریشه کلنی شده (Percentage of root length colonized) تعیین شد (Kormanik & Graw, 1982, Schmitz *et al.*, 1991).

نمونه‌های ۱۰ گرمی خاک ریزوسفری و غیر ریزوسفری از گونه‌های مختلف گیاهی، پس از خیس‌اندن در ۱۰۰ میلی لیتر آب از غربال‌های آزمایشگاهی ۵۰۰ میکرونی (مش ۳۵) و ۵۳ میکرونی (مش ۲۷۰) عبور داده شدند. سپس ذرات موجود در غربال ۵۳ میکرونی در محلول ساکارز ۵۰ درصد سانتیفریژ شدند. ذرات شناور پس از شستشو با آب مقطر با استفاده از میکروسکوپ تشریح (لوپ) با درشتنمایی ۳۰ برابر مورد بررسی و شمارش قرار گرفتند. میانگین و انحراف معیار اعداد بدست آمده از سه تکرار بصورت تعداد در یک گرم خاک محاسبه شد. اسپور قارچ‌های میکوریز با استفاده از کلیدهای سایت اینترنتی INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>) شناسایی شدند.

میزان شوری خاک در نمونه‌های ریزوسفری با روش تهیه عصاره اشباع خاک و تعیین هدایت الکتریکی خاک (EC) بر حسب dS/m اندازه‌گیری و محاسبه شد (زرین‌کفش، ۱۳۶۷).

ت - محاسبه آماری

داده‌های خام بدست آمده از درصد همزیستی، تعداد اسپور و شوری خاک با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تست دانکن برای تعیین درجه معنی دار بودن اختلافات بین گونه‌ای و اختلاف بین زیستگاهها در هر دو گروه از داده‌ها انجام شد.

نتایج

الف - میزان همزیستی

چنانکه از جدول ۲ بر می‌آید، بطور کلی همزیستی در گونه‌های گلیکوفیت طبق انتظار بیشتر از گیاهان هالوفیت است. گیاهانی مانند گون، بروموس، پیرگیاه و سیلن که در ارتفاعات بالاتر از ۱۰۰ متر یافت می‌شوند، واجد درصد نسبتاً بالاتری از طول ریشه کلنی شده، بوده‌اند. تعداد اسپور در اطراف ریشه این گونه‌ها بیشتر بود. برخی نمونه‌های بروموس (از گندمیان) تا ۹۵ درصد همزیستی را نشان داده است. بنظر می‌رسد با کاهش ارتفاع در این جزایر که با افزایش

شوری و تغییر نسبی در ترکیب گونه‌های همراه است، میزان همزیستی نیز افت می‌کند. از سوی دیگر در دو گیاه قدومه و خاکشیر (از تیرهٔ چلیپائیان) که در ارتفاعات مختلف این جزایر به فراوانی به چشم می‌خورند، در هیچیک از نمونه‌ها آلودگی میکوریزیایی دیده نشد.

با کاهش ارتفاع و افزایش تدریجی شوری گونه‌های مقاوم (مانند *Salsola kali*) و هالوفیت‌هایی مانند *Suaeda*، *Salicornia* و *Halimione* جایگزین می‌شوند. در سواحل نیز تقریباً همین گونه‌ها حضور دارند. فقط *Aeluropus littoralis* در سواحل کوه زنبیل به فراوانی به چشم می‌خورد و در برخی نقاط از سواحل رشکان نوارهای باریک و گسسته‌ای را تشکیل می‌دهد ولی در جزایر کمیاب است. در نمونه‌هایی از این گرامینه همزیستی مشاهده شد که در بالاترین حد خود به ۹ درصد رسید. در چند نمونهٔ ریشه هالوفیت‌های مقاوم مانند *Salicornia* و *Suaeda* و گونهٔ مقاوم *Salsola kali* (هر سه از اسفناجیان) برخلاف آنچه که عموماً تصور می‌شود (Peat & Fitter, 1993; Johnson, 1998)، اثراتی از همزیستی هرچند سطحی و ابتدایی مشاهده شد. بطوریکه در یکی از نمونه‌های *Salicornia* طول ریشهٔ کلنی شده حتی در حد ۵ درصد بود. البته در بررسی میکروسکوپی گونه‌های کنوپودیاسه فقط وجود هیف‌های درون ریشه‌ای ثبت شد و اثری از آربوسکول یا وزیکول وجود نداشت. همچنین، نمونه‌های *Halimione* فاقد هرگونه اندامهای قارچی بودند.

Salsola kali را در منابع مختلف با عنوان غیرقارچ دوست (non-mycotrophic) معرفی می‌کنند (Johnson, 1998)، اما در این بررسی در یک نمونه از جزیرهٔ اسپیر و دو نمونه از جزیرهٔ آرزو اثراتی از هیف‌های خارجی در سطح ریشه مشاهده شد. در محدودی از بررسی‌های قبلی درجهٔ ضعیفی از همزیستی در این گونه مشاهده شده است. مثلاً P.J. O'Connor و همکاران (۲۰۰۱) با کار روی ۵۲ گونهٔ گیاهی مقاوم به شوری در بیابان سیمسون استرالیا وجود میکوریزیای آربوسکولار را در *Salsola kali* گزارش کرده‌اند.

در آزمایش حاضر، نتایج حاصل از آنالیز واریانس یکطرفهٔ داده‌ها نشان می‌دهد اختلاف درصد همزیستی بین گونه‌های مورد بررسی معنی‌دار ($p < 0.05$) است. این اختلاف در مقایسهٔ هالوفیت‌ها و گلکوفیت‌ها نیز صادق می‌باشد. اما در مقایسهٔ تک تک گونه‌ها در نقاط جغرافیایی متفاوت، این اختلاف در مورد گلکوفیت‌ها و هالوفیت‌های *Halimione* و *Suaeda* معنی‌دار نبوده، درحالی‌که در مورد هالوفیت‌های *Salicornia* و *Salsola kali* معنی‌دار ($p < 0.01$) است. زیرا در بررسی همزیستی معلوم شد دو گونهٔ اخیر فقط در نمونه‌های جزایر، واجد همزیستی میکوریزیایی بوده‌اند و نمونه‌های سواحل فاقد هرگونه اندامهای قارچی (هیف درونی، آربوسکول یا وزیکول) بوده است.

ب - فراوانی اسپورفارچه‌های میکوریز

در تمامی نمونه‌های خاک چه در جزایر و چه در سواحل اغلب اسپوره‌های مورد مشاهده مربوط به جنس *Glomus* بودند (<http://invam.caf.wvu.edu>). چنانکه در جدولهای ۳ و ۴ نیز دیده می‌شود، در اغلب نمونه‌های خاک ریزوسفری تعداد اسپور بیشتر است. اختلاف بین خاکهای ریزوسفری و غیر ریزوسفری در نقاط شور کمتر از نقاط دیگر است. بیشترین تعداد اسپور در خاک ریزوسفر درمنه (۵۶ اسپور در یک گرم خاک) دیده شد. چنین بنظر می‌رسد که شرایط پرتنش محیط شور اسپورزایی را محدود می‌کند، زیرا در اغلب موارد تعداد اسپور ریزوسفر گلیکوفیت‌ها بیش از ریزوسفر هالوفیت‌هاست. از سوی دیگر اختلافات بین گونه‌های چه در ریزوسفر هالوفیت‌ها و چه در مورد گلیکوفیت‌ها چندان چشمگیر نیست. این نشان می‌دهد که غالباً تعداد نسبتاً زیادی از اسپور در خاک وجود دارد که در حضور گونه مناسب امکان گسترش می‌یابد.

پ - میزان شوری خاک

نتیج بررسی شوری خاک که در جدول ۵ بصورت EC (بر حسب dS/m) ارائه شده‌اند، نمایانگر تفکیک دو محیط گلیکوفیتی و هالوفیتی هستند. بجز گیاه نی (*Phragmites communis*) که درحاشیه مردابی کوه زنبیل یافت می‌شود، بقیه گلیکوفیتها درخاکی با EC کمتر از ۴ dS/m (غیرشور) می‌رویند. ریزوسفر گلیکوفیت‌های سواحل و تمام جزایر بعلاوه توپوگرافی محلی، خاکی کاملاً غیرشور است. در نقطه مقابل آن خاک ریزوسفر هالوفیتها با میانگین ۸ تا ۶۸ dS/m خاکی شور و پرتنش است. گرچه این میزان از شوری در اثر عوامل مختلف محیطی شامل امواج دریا، بارندگی، تبخیر، زهکشی و سایر عوامل بشدت در معرض نوسان قرار دارد، در یک دید کلی نمایانگر یک محیط متفاوت با ریزوسفر گلیکوفیتی است. اختلاف بین ریزوسفر گونه‌های گلیکوفیتی و بین نقاط نمونه‌برداری (جزایر و سواحل) فقط در جزیره کبودان معنی‌دار است (p < ۰/۰۰۱). همچنین در بررسی آماری میزان شوری ریزوسفر هالوفیتها، اختلاف بین شوری ریزوسفر گونه‌ها در جزایر کبودان و آرزو و همچنین در دو سایت رشکان و کوه زنبیل معنی‌دار است (p < ۰/۰۰۱) و در جزایر اشک و اسپیر معنی‌دار نیست. (نتایج بررسی‌های آماری فرعی در اینجا برای رعایت اختصار نشان داده نشده‌اند). از سوی دیگر اختلاف بین دو محیط گلیکوفیتی و هالوفیتی کاملاً معنی‌دار است (جدول ۶).

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار، درصد همزیستی میکوریزایی درگونه‌های مختلف و نقاط مورد بررسی

| گونه گیاهی | کیودان | اشک | آرزو | اسپیر | رشکان | کوه زنبیل |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|
| <i>Bromus scoparius</i> | ۸۴/۷(۱۰/۰۲) | ۷۳/۷(۹/۵۰) | ۷۵/۳(۵/۵۱) | ۸۶/۳(۴/۵۱) | - | - |
| <i>Astragalus sp.</i> | ۶۴/۰(۳/۶۱) | - | ۶۷/۳(۵/۵۱) | - | - | - |
| <i>Stipa barbata</i> | ۴۳/۳(۳/۶۱) | - | - | ۳۵/۰(۶/۵۶) | - | - |
| <i>Senecio vernalis</i> | ۲۵/۷(۶/۰۳) | - | ۴۶/۰(۹/۰۰) | - | ۲۱/۳(۲/۳۱) | - |
| <i>Silene conoidea</i> | ۳۷/۳(۷/۵۱) | ۵۷/۰(۵/۰۰) | ۳۶/۳(۱۰/۶۹) | - | - | - |
| <i>Artemisia fragrans</i> | ۳۶/۷(۲/۵۲) | - | ۳۰/۳(۶/۰۳) | - | - | - |
| <i>Dipsacus sp.</i> | ۲۵/۳(۳/۰۵) | - | - | - | - | - |
| <i>Echinops orientalis</i> | ۳۱/۳(۱/۵۲) | ۴۶/۳(۵/۰۳) | - | - | - | - |
| <i>Alyssum linifolium</i> | ۰(۰) | ۰(۰) | - | ۰(۰) | - | - |
| <i>Descurainia sophia</i> | ۰(۰) | - | - | ۰(۰) | - | - |
| <i>Phragmites communis</i> | - | - | - | - | - | ۵۰(۱/۷۳) |
| <i>Salsola kali</i> | ۰(۰) | ۰(۰) | ۰/۷(۰/۵۸) | ۰/۷(۱/۱۵) | ۰(۰) | - |
| <i>Suaeda crassifolia</i> | ۲/۳(۰/۵۸) | ۰(۰) | ۰(۰) | ۱/۳(۱/۵۳) | ۰(۰) | - |
| <i>Salicornia europaea</i> | ۴/۰(۱/۷۳) | ۰/۷(۰/۵۸) | ۰(۰) | ۳/۷(۰/۵۸) | ۰(۰) | - |
| <i>Halimione verruciferrum</i> | ۰(۰) | - | ۰(۰) | - | - | - |
| <i>Aeluropus littoralis</i> | ۷/۷(۱/۱۵) | - | ۶/۷(۰/۵۸) | - | ۲/۷(۰/۵۸) | ۵/۷(۱/۱۵) |

جدول ۳- تعداد میانگین (و انحراف معیار) اسپور میکوریزایی دریک گرم از نمونه های ریزوسفر

گونه‌های مختلف در نقاط مورد بررسی

| گونه گیاهی | کیودان | اشک | آرزو | اسپیر | رشکان | کوه زنبیل |
|--------------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Bromus scoparius</i> | ۳۱/۳(۳/۵۱) | ۳۴/۳(۲/۰۸) | ۴۳/۳(۵/۵۱) | ۴۱/۰(۵/۵۷) | - | - |
| <i>Astragalus sp.</i> | ۳۰/۳(۵/۶۹) | - | ۴۱/۳(۸/۰۲) | - | - | - |
| <i>Stipa barbata</i> | ۲۳/۰(۳/۰۰) | - | - | ۱۹/۷(۲/۸۹) | - | - |
| <i>Senecio vernalis</i> | ۲۹/۳(۶/۵۱) | - | ۲۸/۳(۴/۵۱) | - | ۱۶/۷(۱/۱۵) | - |
| <i>Silene conoidea</i> | ۲۵/۰(۱۰/۱۵) | ۲۰/۰(۱/۰۰) | ۱۵/۳(۳/۵۱) | - | - | - |
| <i>Artemisia fragrans</i> | ۴۸/۷(۷/۵۱) | - | ۳۵/۳(۴/۷۳) | - | - | - |
| <i>Dipsacus sp.</i> | ۴۱/۳(۳/۵۱) | - | - | - | - | - |
| <i>Echinops orientalis</i> | ۲۶/۷(۳/۵۱) | ۲۸/۷(۴/۰۴) | - | - | - | - |
| <i>Alyssum linifolium</i> | ۴/۷(۲/۰۸) | ۴/۳(۲/۰۸) | - | ۷/۷(۳/۰۶) | - | - |
| <i>Descurainia sophia</i> | ۴/۰(۱/۷۳) | - | - | ۱/۳(۰/۵۸) | - | - |
| <i>Phragmites communis</i> | - | - | - | - | - | ۲۰/۷(۵/۵۱) |
| <i>Salsola kali</i> | ۱۰/۳(۴/۷۳) | ۵/۰(۲/۶۵) | ۱۱/۳(۵/۰۳) | ۴/۰(۱/۷۳) | - | - |
| <i>Suaeda crassifolia</i> | ۱۶/۰(۳/۰۰) | ۲۵/۰(۲/۶۵) | ۲۰/۳(۰/۵۸) | ۱۶/۷(۳/۰۶) | ۱۲/۷(۱/۵۳) | ۲۰/۰(۲/۶۵) |
| <i>Salicornia europaea</i> | ۱۵/۷(۳/۰۶) | ۶/۳(۴/۰۴) | ۸/۳(۳/۵۱) | ۷/۷(۲/۵۲) | ۱۰/۳(۲/۵۲) | ۲۱/۷(۲/۵۲) |
| <i>Halimione verruciferrum</i> | ۱/۰(۱/۷۳) | - | ۲/۳(۱/۱۵) | - | - | ۳/۷(۰/۵۸) |
| <i>Aeluropus littoralis</i> | ۲۷/۳(۳/۰۶) | - | ۳۷/۷(۴/۵۱) | - | ۱۸/۳(۰/۵۸) | ۳۴/۷(۴/۵۱) |

جدول ۴- تعداد میانگین (و انحراف معیار) اسپور در یک گرم خاک غیر ریزوسفری مناطق مختلف

| تعداد اسپور | منطقه | |
|-------------|--------------------|-----------------|
| ۴/۳(۱/۵۳) | سواحل هالوفیتی | جزیره کبودان |
| ۱۹/۷(۲/۵۲) | ارتفاعات گلیکوفیتی | |
| ۱۴/۷(۳/۷۹) | سواحل هالوفیتی | جزیره اشک |
| ۳۸/۰(۲/۰۰) | ارتفاعات گلیکوفیتی | |
| ۶/۷(۲/۰۸) | سواحل هالوفیتی | جزیره آرزو |
| ۳۴/۷(۳/۰۶) | ارتفاعات گلیکوفیتی | |
| ۳/۷(۰/۵۸) | سواحل هالوفیتی | جزیره اسپیر |
| ۲۶/۰(۲/۶۵) | ارتفاعات گلیکوفیتی | |
| ۱/۳(۱/۱۵) | موقعیت هالوفیتی | سواحل کوه زنبیل |
| ۴۲/۳(۴/۹۳) | موقعیت گلیکوفیتی | |
| ۱/۳(۲/۳۱) | موقعیت هالوفیتی | سواحل رشکان |
| ۳۸/۳(۲/۰۸) | موقعیت گلیکوفیتی | |

جدول ۵- میانگین (و انحراف معیار) شوری خاک ریزوسفر گونه های مختلف (EC بر حسب dS/m)

| گونه گیاهی | کبودان | اشک | آرزو | اسپیر | رشکان | کوه زنبیل |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <i>Bromus scoparius</i> | ۰/۹(۰/۱۵) | ۱/۱(۰/۴۰) | ۱/۶(۰/۶۵) | ۱/۰(۰/۲۵) | - | - |
| <i>Astragalus sp.</i> | ۲/۳(۰/۱۸۶) | - | ۲/۲(۱/۱۶) | - | - | - |
| <i>Stipa barbata</i> | ۱/۷(۰/۵۵) | - | - | ۲/۸(۰/۵۰) | - | - |
| <i>Senecio vernalis</i> | ۱/۷(۰/۵۱) | - | ۱/۹(۰/۶۷) | - | ۳/۶(۰/۵۱) | - |
| <i>Silene conoidea</i> | ۱/۶(۰/۵۱) | ۱/۸(۰/۵۰) | ۲/۴(۰/۴۲) | - | - | - |
| <i>Artemisia fragrans</i> | ۱/۶(۰/۳۱) | - | ۲/۸(۰/۳۵) | - | - | - |
| <i>Dipsacus sp.</i> | ۲/۹(۰/۶۰) | - | - | - | - | - |
| <i>Echinops orientalis</i> | ۳/۰(۰/۳۱) | ۲/۸(۰/۸۱) | - | - | - | - |
| <i>Alyssum linifolium</i> | ۱/۹(۰/۲۶) | ۱/۸(۰/۷۰) | - | ۲/۳(۰/۹۵) | - | - |
| <i>Descurainia sophia</i> | ۱/۵(۰/۴۵) | - | - | ۱/۲(۰/۵۰) | - | - |
| <i>Phragmites communis</i> | - | - | - | - | - | ۶/۳(۱/۵۳) |
| <i>Salsola kali</i> | ۱۶/۳(۲/۰۸) | ۳۶/۷(۴/۱۶) | ۲۷/۰(۴/۰۰) | ۲۶/۰(۴/۰۰) | ۱۳/۷(۴/۰۴) | - |
| <i>Suaeda crassifolia</i> | ۲۶/۷(۳/۵۱) | ۴۶/۰(۶/۰۸) | ۲۵/۷(۴/۰۴) | ۳۹/۰(۵/۲۹) | ۴۸/۳(۵/۰۳) | ۵۶/۷(۵/۵۱) |
| <i>Salicornia europaea</i> | ۱۹/۷(۲/۵۲) | ۴۶/۷(۷/۰۲) | ۱۲/۷(۵/۰۳) | ۳۱/۳(۷/۰۹) | ۴۶/۳(۵/۰۳) | ۶۸/۰(۱۱/۰۰) |
| <i>Halimione verruciferrum</i> | ۱۶/۳(۳/۵۱) | - | ۹/۰(۲/۰۰) | - | - | ۱۴/۷(۲/۵۲) |
| <i>Aeluropus littoralis</i> | ۸/۰(۲/۰۰) | - | ۱۳/۷(۱/۱۵) | - | ۱۳/۷(۴/۰۴) | ۱۲/۷(۱/۱۵) |

جدول ۶- خلاصه آنالیز واریانس یکسویه برای میزان همزیستی، تعداد اسپور و میزان شوری با استفاده از نرم افزار SPSS

| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | |
|--------------|------------|----------------|-------------|
| | | درصد همزیستی | تعداد اسپور |
| کیودان | ۱۴ | ۲۰۳۶/۸۴۸*** | ۶۱۴/۰۲۲*** |
| بین گروهها | | | |
| داخل گروهها | ۳۰ | ۱۸/۱۱۱ | ۲۲/۶۸۹ |
| اشک | ۶ | ۳۱۵۶/۸۲۵*** | ۴۶۲/۳۳۳*** |
| بین گروهها | | | |
| داخل گروهها | ۱۴ | ۲۰/۱۴۳ | ۸/۰۴۸ |
| آرزو | ۹ | ۲۵۷۰/۲۰۷*** | ۶۵۶/۹۲۲*** |
| بین گروهها | | | |
| داخل گروهها | ۲۰ | ۲۹/۳۰۰ | ۲۰/۹۳۳ |
| اسپیر | ۶ | ۳۱۹۴/۹۸۴*** | ۵۵۴/۴۴۴*** |
| بین گروهها | | | |
| داخل گروهها | ۱۴ | ۱۰/۰۴۸ | ۹/۶۶۷ |
| رشکان | ۴ | ۲۵۱/۷۳۳*** | ۴۰/۱۱۱** |
| بین گروهها | | | |
| داخل گروهها | ۱۰ | ۱/۶۰۰ | ۲/۵۸۳ |
| کوه زنبیل | ۴ | ۲۵/۷۶۷*** | ۳۶۳/۷۶۷*** |
| بین گروهها | | | |
| داخل گروهها | ۱۰ | ۰/۱۸۶۷ | ۱۲/۱۸۶۷ |

*** = معنی دار بودن اختلاف میانگین ها در حد (۰/۰۰۱)

** = معنی دار بودن اختلاف میانگین ها در حد (۰/۰۱) p

بحث

موقعیت میکوریزایی گیاهان تیره کنوپودیاسه از دیدگاه تکاملی و اکولوژیک همواره مورد توجه بوده است. در مطالعات اولیه گزارش می‌شود که گیاهان علفی و یکساله این تیره همزیستی میکوریزایی آربوسکولار ندارند (Allen & Allen, 1990). یکی از فرضیات جالب در این زمینه این است که گیاهان یکساله کنوپودیاسه (اسفناجیان) در طی تکامل خود بعلت شرایط نامطلوب زیستگاه خود، بتدریج ارتباطات همزیستی را از دست داده‌اند (Allen & Allen, 1990). بررسی حاضر نشان داد که همزیستی میکوریزایی در باتلاقهای شور و شنزارهای شور ساحلی جزایر دریاچه ارومیه و سواحل غربی آن وجود دارد و اسپورهای قارچی نیز در هردو محل حضور دارند، اما همه گونه‌ها در همه شرایط همزیست نیستند. مثلاً قدومه (*Alyssum*) و خاکشیر (*Descurainia*) از تیره شب بو و *Halimione* از تیره اسفناجیان در هیچیک از نمونه‌ها هیچ نوع اندام قارچی را نشان نداده‌اند. میزان شوری خاک در ریزوسفر این گونه‌ها اختلاف معنی داری با شوری ریزوسفر گیاهانی مانند *Bromus* یا *Astragalus* که همزیستی بالاتری را نشان داده‌اند، ندارد. مثلاً در مقایسه *Astragalus* و *Alyssum*، هم میانگین میزان شوری ریزوسفر و هم میانگین درصد طول ریشه کلنی شده در *Astragalus* بیشتر از *Alyssum*

می‌باشد. این ممکن است به عدم تمایل خود این گونه‌ها برای ایجاد همزیستی مربوط باشد نه به اثر منفی شوری خاک بر روی پدیده همزیستی. تیره شب بو (Cruciferae یا Brassicaceae) عموماً غیر میکوریزایی تصور می‌شود، گرچه اخیراً گزارش شده که گونه‌های جنس *Thlaspi* از این تیره توانایی همزیستی دارند (Peat & Fitter, 1993). استدلال مشابهی را می‌توان با احتیاط بیشتری در مقایسه گونه‌های هالوفیتی *Halimione* از یک سو و *Salicornia* و *Suaeda* از سوی دیگر مطرح کرد. شوری ریزوسفر این گونه‌ها در محدوده مشابهی قرار دارد و در دو زیستگاه اشک و اسپیر اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد، اما در سایت کوه زنبیل اختلاف شوری زیاد است (جدول ۵). در جزیره آرزو و در کوه زنبیل هیچیک از سه گونه همزیستی میکوریزایی نداشته‌اند، اما در جزیره کبودان *Salicornia* و *Suaeda* مقدار اندکی از همزیستی را نشان داده‌اند در حالیکه *Halimione* فاقد هرگونه اندام قارچی بوده است (جدول ۲). مقایسه *Halimione* و گرامینه *Aeluropus* گویاتر خواهد بود. *Aeluropus* در همه سایت‌های مورد بررسی همزیستی میکوریزایی را نشان داده است، در حالیکه شوری خاک ریزوسفر آن مشابه خاک *Halimione* بوده است. عدم همزیستی در جنس *Halimione* از تیره Chenopodiaceae قبلاً نیز در بررسی هالوفیت‌های یک باتلاق شور در پرتغال گزارش شده است (Carvalho et al., 2001). بررسی آماری میزان شوری گونه‌های دیگر و مقایسه آن با میزان همزیستی نمایانگر این است که در بسیاری از موارد اختلاف بین درصد طول ریشه کلنی شده در گونه‌های مختلف را نمی‌توان با تأثیر منفی شوری تفسیر نمود. زیرا شوری خاک آنها در محدوده مشابهی قرار دارد. این می‌تواند نتیجه وابستگی میکوریزایی (Mycorrhizal dependancy) خود یک گونه باشد. اما در هر حال نمی‌توان اثرات عوامل دیگری مثل فقر غذایی در ریزوسفر برخی گونه‌ها یا شرایطی مانند pH و سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را از نظر دور داشت. قضاوت دقیق در این مورد نیازمند به داده‌های بیشتری در این مورد است.

همچنین در باتلاق‌های شور اروپای مرکزی اثراتی از همزیستی *Salicornia europaea* با قارچ‌های میکوریزایی مشاهده شده است (Hildebrandt et al., 2001). نکته جالب این است که بنظر می‌رسد این گیاه در زیستگاه‌های خشک تمایل بیشتری به همزیستی نشان می‌دهد. در بررسی حاضر، زیستگاه این گیاه در جزایر حفاظت شده خشکتر از سواحل غربی آن می‌باشد. به عبارت دیگر، در جزایر *Salicornia* و *Suaeda* در نقاطی می‌رویند که آنها را می‌توان شنزار سنگلاخی ساحلی نامید. در حالیکه در سواحل رشکان و بخصوص در سمت غربی کوه زنبیل، باتلاق‌های شور عرصه رویش این هالوفیت‌ها هستند. به عبارت دیگر محیط رویش هالوفیت‌های جزایر بعلت زهکشی زیاد خاک‌های شنی، حالت غرقابی ندارد و به تبع آن خشکتر از باتلاق‌های

شور سواحل غربی می باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان همزیستی و تا حدودی تراکم پروپاگول‌های قارچی در محیط شنی که خشکتر از باتلاقهای شور و مرطوب ساحلی است، بیشتر است. Hildebrandt و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی باتلاقهای شور اروپای مرکزی نیز تا حدودی به نتیجه مشابهی دست یافته‌اند. دو عامل را می‌توان در این پدیده دست اندر کار دانست. عامل اول ممکن است تاثیر مستقیم خشکی در ایجاد همزیستی باشد. به این معنی که ثابت شده همزیستی میکوریزایی در تخفیف دادن تنش خشکی بخوبی مؤثر است (Ruiz-Lozano, 2003). در گونه‌هایی که تمایل چندانی به همزیستی نشان نمی‌دهند (مثلاً گونه‌های Chenopodiaceae)، تنش خشکی می‌تواند عاملی برای افزایش این تمایل باشد. عامل دیگر می‌تواند احتمال وجود دو اکوتیپ متفاوت در این گیاهان باشد. اکوتیپ موجود در جزایر که توانایی زندگی در شرایط خشکتر را داراست، در ضمن می‌تواند تا حدودی پذیرای شریک قارچی نیز باشد. از سوی دیگر اکوتیپ موجود در سواحل که همواره در محیط غرقاب بسر می‌برد، تمایل چندانی به همزیستی با قارچ نشان نمی‌دهد. *Suaeda* و *Salicornia* را معمولاً جزو هالوفیت‌های نم پسند (Hygrohalophyte) طبقه‌بندی می‌کنند (Blamey & Grey-wilson, 1989). از این رو اکوتیپ غالب در سراسر جهان همان است که در باتلاقهای غرقاب مشاهده می‌شود و احتمالاً به همین علت است که مشاهده اندامهای قارچی در ریشه این گیاه بندرت امکانپذیر بوده است. جنس *Salicornia* در حال حاضر به چند گونه و زیرگونه تقسیم‌بندی می‌شود که معیار کلی مشخصی برای این تقسیم بندی وجود ندارد و پراکندگی آن بطور کاملی معلوم نشده است (Blamey & Grey-wilson, 1989). باید معلوم شود که آیا زیرگونه غالب باتلاقهای شور به نام *Salicornia europaea* ssp. *europaea* با قارچهای میکوریز آربوسکولار همزیستی می‌یابد و زیرگونه‌های دیگر از این جنس، نمی‌توانند این همزیستی را به انجام برسانند. با اینکه بیشتر هالوفیتها در خاکهای غیرشور بهتر می‌رویند، فقط چند گونه از جمله *Lepidium crassifolia* و *Salicornia europaea* برای رشد و جوانه‌زنی به کلرید سدیم نیاز دارند (Hildebrandt et al., 2001). احتمال دارد که قارچهای میکوریزایی بطور ویژه‌ای در جوانه‌زنی *Salicornia* مفید باشند. در مورد ارکیده‌ها نشان داده شده که جوانه‌زنی آنها به وجود قارچ خاصی نیاز دارد (Hildebrandt et al., 2001).

در ایران تنها مطالعه موجود در زمینه همزیستی هالوفیتها با قارچهای میکوریز آربوسکولار در ساحل شرقی دریاچه ارومیه انجام گردیده است (Aliasgharzadeh et al., 2001). در بررسی فوق وجود اسپورهای قارچی در ریزوسفر *Salicornia* مورد تاکید قرار گرفته است، اما اندامهای قارچی معرف همزیستی در ریشه آن مشاهده نشده است. سواحل شرقی نیز بعلت شیب ملایم

خود در طول سال چندین بار شرایط غرقابی را تجربه می‌کنند. در مجموع می‌توان گفت با وجود فراوانی نسبتاً قابل توجه اسپورها در خاکهای شور سواحل غربی و شرقی احتمالاً بعزل فوق همزیستی قابل مشاهده‌ای در ریشه‌ها دیده نمی‌شود. از سوی دیگر در شنزارهای خشکتر حاشیه جزایر این پدیده تا حدودی مشهود است. گرامینه *Aeluropus* در تمام نقاط مورد بررسی درجات متوسطی از همزیستی را نشان داده است. نزدیکی زیستگاه این هالوفیت به ریزوسفر *Salicornia* و *Suaeda* تشابه غنای اسپور را در آنها موجب شده است.

بنابراین بنظر می‌رسد طبق نظر Eom و همکاران (۲۰۰۰) تنوع در تراکم اسپور و همزیستی میکوریزایی با گونه‌های گیاهی میزبان ممکن است در اثر انواع مختلف مکانیسم‌ها تولید شود. آنها این مکانیسم‌ها را تنوع گونه‌های میزبان و فنولوژی آنها، میزان وابستگی قارچ میکوریز، نوسان محیط میکروبی خاک تحت تاثیر میزبان و سایر ویژگی‌های ناشناخته میزبان می‌دانند. در بررسی حاضر گونه‌های میزبان ظاهراً اثرات مستقیمی روی تراکم اسپور و همزیستی میکوریزایی آربوسکولار دارند. در مقایسه گلیکوفیت‌ها و هالوفیت‌ها این موضوع بخوبی مشهود است. مثلاً *Bromus* و *Astragalus* که در محیطی یکسان با *Alyssum* و *Descurainia* در ارتفاعات جزیره کبودان می‌رویند، از این نظر بطور کاملاً متفاوتی با یکدیگر عمل می‌کنند. نتیجه‌گیری Carvalho و همکاران (۲۰۰۱) این است که پراکندگی میکوریزای آربوسکولار در باتلاقهای شور بیشتر به گونه گیاهی میزبان بستگی دارد تا به تنش‌های محیطی. بررسی حاضر این را چندان تایید نمی‌کند، زیرا ممکن است تنش خشکی در سواحل شنی جزایر حفاظت شده پارک ملی دریاچه ارومیه نیز یکی از عوامل مؤثر تلقی شود. بهر حال می‌توان مصداق نظریه فوق را در ارتفاعات گلیکوفیتی همین جزایر مشاهده نمود.

در مقاله بعدی تلاش خواهد شد تا با ارائه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های این زیستگاهها ارتباطی منطقی و آماری بین تعداد اسپور در این خاکها و درجه همزیستی گونه‌های موجود از یک سو و شرایط خاک و اقلیم و نوسانات فصلی و سالیانه آن از سوی دیگر برقرار شود. در پایان با توجه به پتانسیل خوب میکوریزایی جزایر چه در ارتفاعات و چه در ماسه‌های ساحلی پیشنهاد می‌شود برای بهبود رویش گیاهی جزایر بخصوص در شرایط کم آبی و خشکسالی طی یک برنامه جامع بلند مدت اسپورهای گونه‌های مختلف *Glomus* تهیه شده و به خاک جوامع گیاهی این نقاط تلقیح گردد. برای ارائه جزئیات بیشتر نیاز به بررسی‌ها و اطلاعات خام بیشتری وجود دارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس بخاطر حمایت مالی و مدیر کل و کارکنان محترم اداره کل محیط زیست آذربایجان غربی بخاطر همکاری در مسافرت به جزایر حفاظت شده پارک ملی دریاچه ارومیه و تهیه نمونه‌های خاک و گیاه، تشکر صمیمانه خود را اعلام می‌داریم.

References

- Aliasgharzadeh, N., Saleh Rastin, N., Towfighi, H., Alizadeh, A. (2001) *Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of Tabriz plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil*, *Mycorrhiza*, **11(3)**, 119-122.
- Allen, M.F., Allen, E.B. (1990) *Carbon source of VA mycorrhizal fungi associated with Chenopodiaceae from a semi-arid steppe*, *Ecology*, **71**, 2019-2021.
- Blamey M., Grey-wilson C. (1989) *The illustrated flora of Britain and north Europe*, Hodder and Stoughton, London.
- Bothe, H., Hildebrandt, U., Ouziad, F., Landwehr, M., Nawrath, K. (2001) *The colonization of plants from central european heavy metal soils and salt marshes by arbuscular mycorrhizal fungi*, *Minerva Biotechnologica*, **13(1)**, 65-67.
- Brown, A.M., Bledsoe C. (1996) *Spatial and temporal dynamics of mycorrhizas in *Jaumea carnosa*, a tidal salt marsh halophyte*, *Journal of Ecology*, **84(4)**, 703-715.
- Brundrett, M. (1991) *Mycorrhizas in natural ecosystems*, *Adv Ecol Res*, **21**, 171-262.
- Burgeff, H. (1934) *Samenkeimung und Kultur europaischer Erdorchideen*. Fischer, Stuttgart.
- Carvalho L.M., Cacador I., Martins-Lucao M.A., (2001) *Temporal and spatial variation of arbuscular mycorrhizas in salt marsh plants of the Tagus estuary (Portugal)* *Mycorrhiza*, **11(1)**, 303-309.
- Carvalho, L.M., Cacador, I., Martins-Lucao, M.A. (1998) *Arbuscular Mycorrhiza in Tagus estuary salt marshes: occurrence and ecological relevance*, Poster in Second International Conference On Mycorrhiza, Uppsala, Sweden (ICOM II).
- Chapman, V.J. (1960) *Salt marshes and salt deserts of the world*, Academic Press, London.
- Eom A.H., David C., Hartnett, A., Gail, W.T., Wilson, C. (2000) *Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie*, *Oecologia*, **122**, 435-444.
- Fa-Yuan Wang, Run-Jin Liu, Jian-min Zhou (in press) *Arbuscular mycorrhizal status of wild plants in saline-alkaline soils of the Yellow River Delta*, *Mycorrhiza* **13(5)**.

- Hildebrandt, U., Janetta K., Ouziad F., Renne B., Nawrath K., (2001) *Arbuscular mycorrhizal colonization of halophytes in central European salt marshes*, Mycorrhiza, **10(1)**, 175-183.
- Johnson, N.C. (1998) *Responses of Salsola kali and Panicum virgatum to mycorrhizal fungi, phosphorus and soil organic matter: implications for reclamation*, J Applied Ecology, **35**, 86-94.
- Juniper, S., Abbot L. (1993) *Vesicular arbuscular mycorrhizas and soil salinity*, Mycorrhiza, **4**, 45-57.
- Kim, C.K., Weber, D.J. (1985) *Distribution of VA mycorrhizas on halophytes on inland salt playas*, Plant Soil **83**, 207-214.
- Kormanik, P.P., Mc Graw, A.C. (1982) *Quantification of VA mycorrhizae in plant roots*, In: Schnek NC (ed) *methods and principles of mycorrhizal research*. American phytopathological society, St. Paul, Minn. Pp37-45.
- Landwehr, M., Hildebrandt, U., Wilde, P., Nawrath, K., Toth, T., Biro, B., Bothe, H. (2002) *The arbuscular mycorrhizal fungus Glomus geosporum in European saline, sodic and gypsum soils*. Mycorrhiza, **12(4)**, 199-211.
- Mason, E. (1928) *Note on the presence of mycorrhizae in the roots of salt marsh plants*, New Phytol, **27**, 193-195.
- O'connor, P.J., Smith, S.E., Smith, F.A. (2001) *Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Simpson desert*, Australian J Botany, **49(4)**, 493-499.
- Peat, H.J., Fitter, A.H. (1993) *The distribution of arbuscular mycorrhizas in the British flora*, New Phytol, **125**, 843-854.
- Regvar, M., Vogel, K., Irgel, N., Wraber, T., Hildebrandt, U., Wilde, P., Bothe, H., (2003) *Colonization of pennycersses (Thlaspi spp.) of the Brassicaceae by arbuscular mycorrhizal fungi*, J Plant Physiol, **160(6)**, 615-626.
- Ruiz Lozano, J.M., Azcon, R., Gomez, R. (1996) *Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal Glomus species in Lactuca sativa plants*, Physiol Plant **98**, 767-772.
- Ruiz-Lozano, J.M. (2003) *Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress: New perspectives for molecular studies*, Mycorrhiza, **13(4)**, 177-184.
- Schmitz, O., Danneberg, G., Hundeshagen, B., Klingner, A., Bothe, H. (1991) *Quantification of vesicular arbuscular mycorrhiza by biochemical parameters*, J Plant Physiol, **139**, 106-114.
- Sengupta, A., Chaudhuri, S. (1990) *Vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in pioneer salt marsh plants of the Ganges river delta in west Bengal (India)*, Plant Soil, **122**, 111-113.
- Van Duin, W.E., Rozema, J., Ernst, W.H.O. (1989) *Seasonal and spatial variance in the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhiza in salt marsh plants*, Agric Ecosyst Environ, **29**, 107-110.
- <http://invam.caf.wvu.edu/> International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM).

ناصر نصیری، محمد اسکویی، مدنی یوسف و عبدالله قهرمانی (۱۳۷۵) پارک ملی دریاچه ارومیه، انتشارات اداره کل حفاظت محیط زیست آذربایجان غربی.

یونس عصری (۱۳۷۷) پوشش گیاهی شوره زارهای دریاچه ارومیه، انتشارات مؤسسه تحقیقات
جنگلها و مراتع شابک ۳-۰۳۱-۴۷۳-۹۴۶.
منوچهر زرین کفش (۱۳۶۷) خاکشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران (شماره ۱۹۵۵).