Biological Journal of Microorganism
Year 11, No.43, Autumn 2022
Received: 2021/7/27
Accepted: 2021/12/27

(Research Paper)

Identification of Population Structure of Two Fungal Endophytes *Fusarium* sp. and *Thielavia* sp. and their Spatial-Temporal Abundance in Different Tissues of Six Species of Halophyte Plants

Soheila Aghaei Dargiri
Department of Horticulture Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, s.aghaei.phd@hormozgan.ac.ir
Davood Samsampour*
Department of Horticulture Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, samsampoor@hormozgan.ac.ir
Majeed Askari Seyahooei
Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organiziation (AREEO), Bandar Abbas, Iran, askarisey@gmail.com
Abdoolnabi Bagheri
Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organiziation (AREEO), Bandar Abbas, Iran, nabibagheri53@gmail.com

Abstract

Introduction: All plants in natural ecosystems seem to symbiose with fungal endophytes. This highly diverse group of fungi can have profound effects on plant communities by helping to tolerate abiotic and biological stresses, increasing biomass, and reducing water consumption or changing resource allocation.

Materials and Methods: In this study, the spatio-temporal biodiversity of fungal endophytes of *Fusarium* sp. and *Thielavia* sp. isolated from six species of halophyte plants was examined. The spatio-temporal biodiversity of these two fungal endophytes in different tissues of halophyte

*Corresponding Author

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses by-nc-nd/4.0/)

10.22108/BJM.2021.129745.1405

20.1001.1.23225173.1401.11.43.2.3

plant species was assessed by PAST software using Simpson, Shannon, and Margalf richness indices. The ITS-specific primer was used for the molecular identification of fungi.

Results: The results of the study showed that the highest frequency was related to the fungal endophyte *Thielavia* sp. 21.75% in the stem. Examination of the Simpson, Shannon, and Margalf richness indices showed that the highest fungal endophyte diversity for these indices were 0.498, 0.691, and 0.445 in the stem of *Bienertia cycloptera*, respectively. Also, the results of the Simpson and Shannon diversity index showed that the highest fungal endophyte diversity of 0.500 and 0.693 was observed in the plant species of Abu Musa Island, and for the Margalf richness index, the highest fungal endophytic diversity of 0.455 was observed in Sirik port.

Discussion and Conclusion: The results of this study showed the high spatio-temporal diversity of the two fungal endophyte species in the six saline plant species studied. Based on this information, it can be concluded that the supply of endophytes from geographical areas in which plant species are highly diverse, can be effective in the success of the plant colonization program.

Key words: Biodiversity, Relative Abundance, Phenotype, Halophyte

فصلنامه علمی زیست‌شناسی میکروارگانیسم‌ها
سال یازدهم، شماره ۴۳، پاییز ۱۴۰۱ ، صفحه ۱ - ۱۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۵ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶

مقاله پژوهشی

شناسایی ساختار جمعیت دو اندوفیت قارچی *Fusarium sp.* و *Thielavia sp.* و فراوانی مکانی-زمانی آنها در بافت‌های مختلف شش گونهٔ گیاه هالوفیت

سهیلا آقائی درگیری: دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، s.aghaei.phd@hormozgan.ac.ir
داود صمصام‌پور*: دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، samsampoor@hormozgan.ac.ir
مجید عسکری سیاهویی: دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران، askarisey@gmail.com
عبدالنبی باقری: استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران، nabibagheri53@gmail.com

چکیده

مقدمه: به نظر می‌رسد همه گیاهان در اکوسیستم‌های طبیعی با اندوفیت‌های قارچی همزیست‌اند. این گروه بسیار متنوع از قارچ‌ها می‌توانند ازطریق کمک به تحمل تنش غیرزیستی و زیستی، افزایش زیست‌توده و کاهش مصرف آب یا تغییر در تخصیص منابع، تأثیرات عمیقی بر جوامع گیاهی داشته باشند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تنوع زیستی مکانی - زمانی اندوفیت‌های قارچی *Fusarium sp.* و *Thielavia sp.* جداسازی‌شده از شش گونهٔ گیاه هالوفیت بررسی شد. تنوع زیستی مکانی - زمانی دو اندوفیت قارچی مزبور در بافت‌های مختلف گونه‌های گیاهی هالوفیت با استفاد از شاخص‌های سیمپسون، شانون و غنای مارگالف با نرم‌افزار PAST ارزیابی شد. برای شناسایی مولکولی قارچ‌ها از آغازگر اختصاصی ITS استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان دادند بیشترین فراوانی مربوط به اندوفیت قارچی *Thielavia* sp. به میزان ۲۱/۷۵ درصد در ساقه بود. با بررسی شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون و غنای مارگالف مشخص شد بیشترین تنوع اندوفیت قارچی برای شاخص‌های مزبور به‌ترتیب ۰/۴۹۸، ۰/۶۹۱ و ۰/۴۴۵ در ساقه گونهٔ گیاهی *Bienertia cycloptera* بود. همچنین نتایج شاخص تنوع سیمپسون و شانون نشان دادند بیشترین میزان تنوع اندوفیت قارچی به میزان ۰/۵۰۰ و ۰/۶۹۳ در گونه‌های

* نویسندهٔ مسئول مکاتبات

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

10.22108/BJM.2021.129745.1405 20.1001.1.23225173.1401.11.43.2.3

گیاهی جزیرهٔ ابوموسی و برای شاخص غنای مارگالف بیشترین میزان تنوع اندوفیت قارچی ۰/۴۵۵ در بندر سیریک مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش تنوع بالای مکانی - زمانی دو گونهٔ اندوفیت قارچی مدنظر در شش گونهٔ گیاهی شورپسند مطالعه‌شده را نشان می‌دهد. براساس این اطلاعات می‌توان نتیجه‌گیری کرد تأمین اندوفیت از محل‌های جغرافیایی با تنوع بالای گونه‌های گیاهی، در موفقیت‌آمیزبودن برنامهٔ کلونیزاسیون گیاهان مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، فراوانی نسبی، فنوتیپ، هالوفیت

مقدمه

نخستین‌بار گیاه‌شناس آلمانی دی‌باری[1] (۸) کلمه «اندوفیت[2]» را ارائه داد. اندوفیت‌ها معمولا به‌عنوان گروهی از میکروارگانیسم‌ها تعریف می‌شوند که بدون ایجاد علائم بیماری در بافت‌های داخلی گیاه و به‌صورت همزیست با گیاه زندگی می‌کنند (۱۶). اندوفیت‌ها تا به امروز تقریبا از همه بافت‌های گیاهی جداسازی شده‌اند (۳۶). اندوفیت‌ها که بخش عمده‌ای از آنها را قارچ‌ها تشکیل می‌دهند، پتانسیل فوق‌العاده‌ای برای بهره‌برداری در گیاهان دارند (۱۹). تاکنون تنها بخش کمی از اندوفیت‌های موجود در گیاهان شناسایی شده‌اند (۳۹). عوامل زنده و غیرزندهٔ متعددی بر ترکیب جوامع اندوفیتی موجود در گیاهان تأثیر می‌گذارند. یکی از مهم‌ترین این عوامل، گونهٔ گیاه میزبان (در سطوح پایین‌تر الگوی ژنتیکی گیاه میزبان) و مرحله رشدی آن و دیگری محیطی است که اندام گیاه در آن فعالیت دارد (مانند خاک برای اندوفیت‌های ریشه)؛ با این حال، این اثرات ممکن است بین اکوسیستم‌های مجزا متفاوت باشند (۲۲).

گیاهان دارای اندوفیت‌های قارچی علاوه بر توانایی جذب بهتر مواد غذایی و رشد و عملکرد بالاتر، قادر به تحمل بیشتر تنش‌های زنده و غیرزنده مانند تنش شوری، خشکی و گرما نسبت به گیاهان فاقد اندوفیت‌اند (۳۰). گونه‌های اندوفیت قارچی، در بیشتر گونه‌های گیاهی ساکن زیستگاه‌های مختلف یافت می‌شوند (۴۳). آنها می‌توانند در بافت‌های ریشه، ساقه و برگ مستقر شوند (۴۷) و طیف گسترده‌ای از همیاری با گیاهان را به نمایش بگذارند (۳۱). اندوفیت‌های قارچی محتوای چندین ماده مغذی مهم در بافت‌ها را تغییر می‌دهند و نقش مهمی در دفاع از گیاه دارند (۱).

تحقیقات دربارهٔ جوامع اندوفیتی در میزبان نشان داده است به‌طورکلی می‌توان تعداد زیادی از گونه‌های قارچی را پس از استریل‌سازی سطح از بافت‌های گیاهی جداسازی کرد (۱۳). در همه گونه‌های گیاهی بررسی‌شده، به‌طورکلی الگوی جوامع اندوفیتی ارتباط مستقیمی با الگوی جغرافیایی توزیع گونه‌های گیاهی میزبان آنها دارد (۳۳)؛ برای مثال، جوامع اندوفیتی در گونه‌های گیاهی میزبان که در یک مکان رشد می‌کنند، مشابه‌اند؛ اما تفاوت‌های چشمگیری در میزان غنا و توزیع گونه‌های قارچی در بافت‌های مختلف گیاه میزبان وجود دارد. سن گیاه میزبان نیز ممکن است بر غنا و توزیع گونه‌های اندوفیت قارچی تأثیر بگذارد (۱۱). میزان کلونیزاسیون بالاتر قارچ اندوفیت را می‌توان در ایستگاه‌های همگن با کانوپی[3] بسته مشاهده کرد. ممکن است بین ارتفاع یا آب‌وهوای مرطوب با جمعیت اندوفیت‌ها همبستگی وجود داشته باشد (۲۷). جمعیت اندوفیت‌ها از گونه‌ای به گونهٔ دیگر و از گیاهی به گیاه

دیگر متفاوت است (۱۰). در همان گونه، جمعیت اندوفیت علاوه بر اینکه ممکن است از یک منطقه به منطقه دیگر منحصربه‌فرد باشد، با تغییر شرایط آب‌وهوایی در همان منطقه نیز متفاوت است (۱۰). محققان تلاش کرده‌اند مکانیسم‌های مولکولی مؤثر در ایجاد جوامع اندوفیت در گیاهان را روشن کنند؛ اما اطلاعات بسیار محدودی در این زمینه در دسترس است (۳۷). شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند سایه نسبت به نور باعث افزایش تراکم اندوفیت در بافت برگ شش گونهٔ چمن شد (۷). همان‌گونه که می‌دانیم تنوع زیستی موجودات توزیع یکنواختی ندارند و توزیع آنها در مناطق مختلف، بسیار متفاوت است و عواملی مانند دما، بارش، ارتفاع، خاک، جغرافیا و وجود گونه‌های دیگر بر نوع تنوع آنها اثرگذارند (۴). در این مطالعه، تنوع زیستی اندوفیت‌های قارچی در شش گونهٔ گیاه هالوفیت[۴] در مناطق مختلف استان هرمزگان بررسی شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گیاهان هالوفیت: برای اجرای این تحقیق، ابتدا مناطق رویش گونه‌های گیاهی هالوفیت در استان هرمزگان با استفاده از منابع موجود ازجمله فلور ایرانیکا، هرباریوم موجود در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان (هرباریوم) و سایت‌های جهانی (۱۵) و مقالات منتشرشده انجام گرفت. اسامی گونه‌های مورد مطالعه در هر منطقه و اطلاعات جغرافیایی مربوط به هر رویشگاه در جدول ۱ ذکر شده‌اند؛ بر همین اساس، نمونه‌برداری از ۲۰ منطقهٔ استان هرمزگان در دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۹۷ انجام شد.

جداسازی اندوفیت قارچی

آماده‌سازی محیط کشت دکستروز آگار (PDA): ۳۹ گرم ماده مغذی PDA (QLAB آلمان) در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، حل و سپس محیط کشت در اتوکلاو (با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر) قرار داده شد. پس از نیمه سرد شدن، محیط کشت به پتری‌دیش‌های (فرازبین - ایران) ۸ سانتی‌متری به میزان یک چهارم ریخته شد (۱۷).

جداسازی و خالص‌سازی: استریل‌سازی و جداسازی قارچ‌ها از گونه‌های گیاه هالوفیت با استفاده از روش (۱۷) (با تغییرات جزئی) انجام شد. ریزنمونه‌های برگ، ساقه و ریشه با آب مقطر اتوکلاوشده به مدت ۱۵ دقیقه شست‌وشو شدند. ابتدا نمونه‌ها به مدت یک دقیقه در اتانول ۷۰ درصد قرار داده شد. سپس نمونه‌ها در هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد برای سه دقیقه غوطه‌ور و نمونه‌ها سه بار با آب مقطر شست‌وشو شدند. نمونه‌های استریل‌شده، روی کاغذ صافی قرار داده شد تا رطوبت اضافی بافت حذف شود. قطعات کوچک به طول ۵ میلی‌متر با استفاده از تیغ اسکالپل برش داده شدند. از هر بافت استریل، چهار عدد با ابعاد یکسان در هر پتری حاوی محیط کشت PDA قرار داده شدند تا امکان رشد برای اندوفیت‌های قارچی فراهم شود.

ظروف پتری با استفاده از پارافیلم محکم بسته شدند. ظروف پتری تا زمان رشد اندوفیت در انکوباتور با دمای ۱±۲۸ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. برای اطمینان از استریل سطحی قطعات، بافت غیراستریل (فقط کاملا در آب شسته شدند) به‌طور همزمان در محیط کشت رشد قرار گرفت و در همان شرایط به‌طور مساوی انکوبه شد. برای بررسی تولید اندوفیت‌های قارچی، محیط کشت‌ها هر سه روز یک‌بار بررسی شدند. اندوفیت‌های قارچی، بعد از ۶-۴ هفته رشد، برای خالص‌سازی با استفاده از

روش نوک هیف، دوباره در محیط کشت PDA جدید قرار داده شدند. پس از رشد کافی، یک قطعه هیف مجزا از حاشیه پرگنه با سوزن بسیار ظریف برداشته و روی محیط کشت جدید انتقال داده شد (۶).

شناسایی فنوتیپی: شناسایی جدایه‌های قارچی با استفاده از اسلایدهای میکروسکوپی آغشته به رنگ لاکتوفنل طبق کلید شناسایی (۲) و با استفاده از میکروسکوپ نوری انجام شد.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مناطق جمع‌آوری گونه‌های گیاهی هالوفیت در استان هرمزگان

مناطق	گونهٔ گیاهی	طول جغرافیایی (N)	عرض جغرافیایی (E)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
	زمستان و تابستان			
نخل ناخدا (بندرعباس)	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۷°۱۶'۰۹.۲"	۵۷°۰۴'۱۵.۶"	۷
مرکزی (میناب)	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۷°۰۸'۱۴.۷"	۵۷°۰۴'۱۵.۶"	۸
بندر کلاهی	(۱) (۲) (۳) (۴)	۲۷°۰۳'۰۰.۶"	۵۶°۵۲'۲۱.۱"	۴
بندر تیاب	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۷°۰۶'۵۰.۰"	۵۶°۵۱'۴۷.۳"	۴
بندر سیریک	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۳۱'۲۷.۵"	۵۷°۰۴'۵۳.۵"	۴
بندر کوهستک	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۴۸'۰۵.۹"	۵۷°۰۱'۲۵.۱"	۸
دماغه جاسک (بندر جاسک)	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۵°۳۸'۵۰.۶"	۵۷°۴۶'۰۸.۸"	۵
ساحل کندال (بندر خمیر)	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۳۵'۵۸.۱"	۵۴°۳۰'۱۶.۲"	۵
بندر کنگ	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۳۵'۵۹.۶"	۵۴°۵۷'۰۳.۷"	۸
ساحل صدف (بندرلنگه)	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۳۱'۲۳.۶"	۵۴°۴۸'۵۹.۴"	۸
بندر پل	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۷°۰۰'۵۱.۲"	۵۵°۴۵'۲۲.۷"	۷
بندر چارک	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۴۳'۳۵.۸"	۵۴°۱۷'۰۱.۷"	۶
بندر مغویه	(۱) (۲) (۳) (۴)	۲۶°۳۵'۵۸.۱"	۵۴°۳۰'۱۶.۲"	۷
بندر بستانه	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۳۰'۲۰.۷"	۵۴°۳۹'۰۲.۴"	۹
بندر معلم	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۳۹'۳۴.۸"	۵۵°۰۲'۴۶.۳"	۴
بندر آفتاب	(۱) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۴۳'۲۹.۴"	۵۳°۵۶'۳۶.۲"	۵
جزیره قشم	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۵۷'۵۹.۷"	۵۶°۱۶'۱۲.۴"	۳
جزیره لارک	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۶°۵۲'۱۹.۵"	۵۶°۲۰'۱۷.۴"	۴
جزیره هرمز	(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)	۲۷°۰۵'۳۱.۵"	۵۶°۲۷'۳۵.۱"	۲
جزیره ابوموسی	(۲) (۳) (۴) (۵)	۲۵°۵۲'۳۷.۱"	۵۵°۰۰'۳۶.۹"	۳

گونه‌های گیاهی هالوفیت: (۱) *Salsola imbricata* (۲) *Suaeda aegyptiaca* (۳) *Suaeda vermiculata* (۴) *Cornulaca monacantha* (۵) *Halocnemum strobilaceum* (۶) *Bienertia cycloptera*

شناسایی مولکولی

استخراج DNA: مقدار یک گرم از میسلیوم در یک هاون سترون ریخته و به کمک نیتروژن مایع پودر شد. سپس به میکروتیوب دو میلی‌لیتری منتقل شد. مقدار ۸۰۰ میکرولیتر بافر استخراج DNA با ۱۰ درصد مرکاپتواتانول به هر نمونه، اضافه و در حمام آب گرم به مدت یک ساعت در ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. طی این مدت هر ۵ دقیقه یک بار میکروتیوب به آرامی تکان داده شد. ۵۰۰ میکرولیتر کلروفرم ایزوآمیل الکل (۱:۲۴) به هر میکروتیوپ اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه، در

۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. از بخش رویی به مقدار ۴۰۰ میکرولیتر برداشته و هم حجم آن ایزوپروپانول سرد ریخته شد. نیم ساعت نمونه‌ها در فریز ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس، میکروتیوپ‌ها برای ۱۰ دقیقه، ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. بعد از آن، مایع رویی به آرامی خالی شد و به لوله‌های محتوای DNA، ۱۰۰ میکرولیتر اتانول ۷۰ درصد افزوده و به مدت ۸ دقیقه در ۸۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. این مرحله سه بار تکرار شد. میکروتیوپ‌ها به مدت دو ساعت روی کاغذ جاذب رطوبت قرار گرفتند تا رسوب به‌دست‌آمده خشک شود. سپس، به هر لوله، ۷۰ میکرولیتر آب مقطر دیونیزه افزوده شد (۳۵).

تکثیر قطعهٔ ITS قارچ‌ها با استفاده از واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR): واکنش زنجیره‌ای پلیمراز براساس برنامه دمایی و زمانی PCR که در جدول ۲ آورده شده است و با استفاده از پرایمرهای اختصاصی زیر انجام شد؛ درنهایت، قطعهٔ تکثیرشده به شرکت توپاز ژن فرستاده شد (۳۵).

ITS: (5´-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3´)
ITS: (5´-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3´)

جدول ۲- برنامه دمایی و زمانی PCR برای اندوفیت‌های قارچی

۱ سیکل	واسرشته‌سازی اولیه[۵]	۴ دقیقه	۹۴ درجه سانتی‌گراد
	واسرشته‌سازی	۳۰ ثانیه	۹۴ درجه سانتی‌گراد
۳۵ سیکل	اتصال[۶]	۴۰ ثانیه	۵۶ درجه سانتی‌گراد
	بسط[۷]	۱ دقیقه	۷۲ درجه سانتی‌گراد
۱ سیکل	بسط نهایی	۱۰ دقیقه	۷۲ درجه سانتی‌گراد
دمای نگهداری		-	۱۰ درجه سانتی‌گراد

آنالیز آماری

شناسایی اندوفیت قارچی: پس از ویرایش قطعهٔ حدود ۸۰۰ bp در بانک جهانی اطلاعات (NCBI) به‌ترتیب اندوفیت‌های قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. با شماره دسترسی MW595827 و MT277124.1 ثبت شدند.

شاخص تنوع زیستی: شاخص‌های تنوع زیستی به‌منظور بررسی و اندازه‌گیری تنوع زیستی اندوفیت‌های قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. در مکان‌ها، فصل‌ها، بافت‌های مختلف و گونه‌های گیاهی هالوفیت با استفاده از نرم‌افزار PAST محاسبه شدند.

ارزیابی و تعیین کمیت تنوع: در این تحقیق برای محاسبهٔ تنوع گونه‌ای، از شاخص‌های سیمپسون، شانون و غنای مارگالف استفاده شد.

شاخص سیمپسون (۳۴)

$$1\text{-}D=1\text{-}\sum_{i=1}^{S} p\,\frac{2}{i}$$

شاخص شانون وینر (H) (۴۱)

$$H=\text{-}\sum_{i=1}^{S}(Pi)2$$

که در آن، H شاخص تنوع شانون وینر و P_i فراوانی نسبی افراد گونهٔ i در نمونه مدنظر است.

شاخص مارگالف (۲۴)

$$R=\frac{S-1}{LnN}$$

که در آن، R غنای گونه‌ای، S تعداد گونه‌ها و LnN لگارتیم طبیعی افراد است.

نتایج

شناسایی فتوتیپی اندوفیت‌های قارچی: از بین جدایه‌های رشدکرده براساس صفات ظاهری رنگ پرگنه، مشخصات کنیدیوم و آرایش اسپور و با استفاده از کلیدهای معتبر شناسایی (۲)، دو اندوفیت قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. شناسایی شدند .

شناسایی مولکولی

تعداد و فراوانی نسبی اندوفیت‌های قارچی گونه‌های گیاهان هالوفیت براساس بافت گیاهی: بیشترین تعداد و فراوانی کلونیزاسیون[۸] مربوط به اندوفیت قارچی *Thielavia* sp. به میزان ۲۱/۷۵ درصد در ساقه و در فصل زمستان در جزیره لارک بود (جدول ۳ و ۴). درصد فراوانی اندوفیت قارچی *Thielavia* sp. در تمامی گونه‌های گیاهی مورد مطالعه ۶۲ درصد بود.

جدول ۳- مقایسهٔ تعداد جدایه دو اندوفیت قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. در بافت‌ها و در فصول مختلف

اندوفیت‌های قارچی	نوع بافت			فصل	
	برگ	ساقه	ریشه	زمستان	تابستان
Fusarium sp.	۳۵*	۶۷	۲۳	۶۳	۶۲
Thielavia sp.	۴۱	۸۹	۷۸	۱۰۹	۹۹

* تعداد جدایهٔ اندوفیت را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مقایسهٔ تعداد جدایه دو اندوفیت قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. در شش گونهٔ گیاه هالوفیت براساس مناطق مطالعه‌شده

	Fusarium sp.	*Thielavia* sp.		*Fusarium* sp.	*Thielavia* sp.
مناطق نمونه‌برداری	تعداد		مناطق نمونه‌برداری	تعداد	
نخل ناخدا (بندرعباس)	۱۰	۱۴	بندر پل	۵	۱۲
مرکزی (میناب)	۳	۹	بندر چارک	۹	۸
بندر کلاهی	۵	۱۰	بندر مغویه	–	–
بندر تیاب	۵	۷	بندر بستانه	–	۹
بندر سیریک	۳	۶	بندر معلم	–	۲۱
بندر کوهستک	۱۰	۹	بندر آفتاب	۱۱	۱۴
دماغه جاسک (بندر جاسک)	۸	۱۰	جزیره قشم	–	۹
ساحل کندال (بندر خمیر)	۷	۹	جزیره لارک	۹	۲۲
بندر کنگ	۱۲	۶	جزیره هرمز	۱۱	۱۷
ساحل صدف (بندرلنگه)	۹	۷	جزیره ابوموسی	۸	۸
اندوفیت‌های قارچی	کل	فراوانی	فراوانی به درصد		
Fusarium sp.	۱۲۵	۱۳/۰۷	۶۲		
Thielavia sp.	۲۰۸	۲۱/۷۵	۳۸		

بررسی شاخص‌های تنوع اندوفیت‌های قارچی در بافت‌های شش گونهٔ هالوفیت مطالعه‌شده در دو فصل تابستان و زمستان: با بررسی شاخص‌های تنوع سیمپسون و شانون مشخص شد بیشترین تنوع به‌ترتیب به میزان ۰/۴۹۸ و ۰/۶۹۱ در ساقه گونهٔ گیاهی *B. cycloptera* و بیشترین تنوع از لحاظ غنای مارگالف در برگ به مقدار ۰/۴۴۵ مشاهده شد (جدول ۵).

بررسی شاخص‌های تنوع اندوفیت‌های قارچی در مناطق جمع‌آوری گونه‌های گیاهی مطالعه‌شده در دو فصل تابستان و زمستان: بیشترین میزان شاخص تنوع

سیمپسون و شانون برای اندوفیت‌های قارچی در جزیره ابوموسی به‌ترتیب ۰/۵۰۰ و ۰/۶۹۳ و بیشترین میزان غنای مارگالف به میزان ۰/۴۵۵ در بندر سیریک مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۵- شاخص تنوع دو اندوفیت قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. در بافت‌های مختلف شش گونهٔ گیاهی هالوفیت در فصل تابستان و زمستان

	شاخص سیمپسون			شاخص شانون			غنای مارگالف		
گونه‌های گیاهی	بافت			بافت			بافت		
	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه	ریشه
S. imbricata	۰/۴۲۰	۰/۴۸۷	۰/۲۰۷	۰/۶۱۰	۰/۶۸۰	۰/۳۶۲	۰/۴۳۴	۰/۲۹۱	۰/۳۵۳
S. aegyptiaca	۰/۴۷۳	۰/۴۹۳	۰/۲۶۵	۰/۶۶۶	۰/۶۸۷	۰/۴۳۶	۰/۳۸۹	۰/۳۰۳	۰/۳۳۹
S. vermiculata	۰/۴۹۷	۰/۳۸۵	۰/۲۹۰	۰/۶۹۰	۰/۵۷۴	۰/۴۶۶	۰/۳۸۹	۰/۳۱۸	۰/۳۵۳
C. monacantha	۰/۳۵۵	۰/۴۶۰	۰/۳۷۵	۰/۵۴۰	۰/۶۵۳	۰/۵۶۲	۰/۳۸۹	۰/۳۱۰	۰/۳۶۰
H. strobilaceum	۰/۴۷۵	۰/۴۷۴	۰/۴۲۹	۰/۶۶۸	۰/۶۶۷	۰/۶۲۱	۰/۳۴۶	۰/۲۹۱	۰/۳۶۰
B. cycloptera	۰/۴۹۳	۰/۴۹۸	۰/۴۶۸	۰/۶۸۷	۰/۶۹۱	۰/۶۶۱	۰/۴۴۵	۰/۳۳۹	۰/۳۶۰

جدول ۶. شاخص تنوع دو اندوفیت قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. در شش گونهٔ گیاهی هالوفیت در دو فصل تابستان و زمستان

مناطق	شاخص			مناطق	شاخص		
	سیمپسون	شانون	مارگالف		سیمپسون	شانون	مارگالف
نخل ناخدا (بندرعباس)	۰/۴۸۶	۰/۶۷۹	۰/۳۱۴	بندر پل	۰/۴۱۵	۰/۶۰۵	۰/۳۵۳
مرکزی (میناب)	۰/۳۷۵	۰/۵۶۲	۰/۴۰۲	بندر چارک	۰/۴۹۸	۰/۶۹۱	۰/۳۵۳
بندر کلاهی	۰/۴۴۴	۰/۶۳۶	۰/۳۶۹	بندر مغویه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
بندر تیاب	۰/۴۸۶	۰/۶۷۹	۰/۴۰۲	بندر بستانه	۰/۱۸۰	۰/۳۲۵	۰/۴۳۴
بندر سیریک	۰/۴۴۴	۰/۶۳۶	۰/۴۵۵	بندر معلم	۰/۰۸۶	۰/۱۸۴	۰/۳۲۵
بندر کوهستک	۰/۴۹۸	۰/۶۹۱	۰/۳۳۹	بندر آفتاب	۰/۴۹۲	۰/۶۸۵	۰/۳۱۰
دماغه جاسک (بندر جاسک)	۰/۴۹۳	۰/۶۸۷	۰/۳۴۶	جزیره قشم	۰/۱۸۰	۰/۳۲۵	۰/۴۳۴
ساحل کندال (بندر خمیر)	۰/۴۹۲	۰/۶۸۵	۰/۳۶۰	جزیره لارک	۰/۴۱۲	۰/۶۰۲	۰/۲۹۱
بندر کنگ	۰/۴۴۴	۰/۶۳۶	۰/۳۴۶	جزیره هرمز	۰/۴۷۷	۰/۶۷۰	۰/۳۰۰
ساحل صدف (بندرلنگه)	۰/۴۹۲	۰/۶۸۵	۰/۳۶۰	جزیره ابوموسی	۰/۵۰۰	۰/۶۹۳	۰/۳۶۰

بحث و نتیجه‌گیری

قارچ‌های اندوفیت به‌عنوان گروهی از میکروارگانیسم‌ها توصیف شده‌اند که بافت‌های داخلی گیاهان را کلونیزه و تمام یا بخشی از چرخهٔ زندگی خود را در این مکان سپری می‌کنند، بدون اینکه آسیب یا بیماری مشهودی در گیاه میزبان ایجاد کنند (۳). قارچ‌های اندوفیت از جنبه‌های مختلف دارویی، کشاورزی و بوم‌شناختی حائز اهمیت‌اند (۴۶). آنها در ایجاد و شکل‌گیری یا به وجود آمدن یک اکوسیستم[۹] نقش اساسی دارند (۴۲). مطالعات تعیین دامنهٔ میزبان

برای درک توزیع اندوفیت و تنوع زیستی بسیار ضروری است. همچنین، اندوفیت‌ها ابزاری مناسب برای شناسایی و مطالعهٔ روابط فیلوژنی‌اند (۲۱).

میزان کلونیزاسیون، تنوع و ترکیب جمعیت اندوفیت تأثیرگرفته از گونه و بافت میزبان و عوامل غیرزنده است (۱۹)؛ برای مثال، سان و همکاران (۴۰) گزارش کردند گونهٔ میزبان و نوع بافت آن به‌طور آشکار بر جمعیت قارچ‌های اندوفیت در گیاه چوبی *Stipa grandis* اثر داشته است و میزان کلونیزاسیون قارچ‌های اندوفیت در شاخه‌ها به‌طور چشمگیری بیشتر از برگ‌ها بود. ترکیب جمعیت قارچ‌های اندوفیت در بافت‌های مختلف (شاخه، ساقه و برگ‌ها) در میان گونه‌های میزبان متفاوت است (۲۵). در تحقیقاتی همسو با نتایج مطالعهٔ حاضر گزارش شد میزان کلونیزاسیون و غنای قارچ‌های اندوفیت بین گونه‌های هالوفیت متفاوت است (۲۸، ۳۸ و ۴۵). نتایج مشابهی در مطالعات قبلی روی حرا (۴۵)، هالوفیت‌های کویر (۴۰)، گیاهان gypsophilous (۲۸) و گیاهان دیگر اکوسیستم‌ها (۳۸) گزارش شده است؛ برای مثال، ایکسینگ (۴۵) میزان کلونیزاسیون قارچ‌های اندوفیت را به‌ترتیب در ریشه‌ها (۱۲/۵ تا ۴۱/۷ درصد)، ساقه‌ها (۸ تا ۵۴ درصد) و برگ‌ها (۱۲/۵ تا ۲۵/۱ درصد) گزارش کرد. میزان فراوانی قارچ‌های اندوفیت در مطالعهٔ حاضر در دو فصل تابستان و زمستان در ساقه‌ها بیشتر از برگ و ریشه بود. تفاوت بین کلونیزاسیون اندوفیت و تنوع ممکن است به عوامل زنده و غیرزنده مربوط شود (۴۵). نتایج ما نشان دادند ترکیب جوامع اندوفیت قارچی در گونه‌های مختلف هالوفیت متفاوت است. نتایج مشابهی در برخی مطالعات قبلی دربارهٔ گیاهان هالوفیت کویری گزارش شده‌اند (۴۵). در این مطالعه جمعیت اندوفیت‌ها همچنین تأثیرگرفته از نوع اندام گیاه (برگ، ساقه و ریشه) است که نتایج مطالعات قبلی انجام‌شده در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک را تأیید می‌کند (۲۸ و ۳۸). در مطالعهٔ دیگری نشان داد شد ارقام مختلف برنج دارای جوامع قارچی متفاوتی است (۵، ۹، ۲۰ و ۳۲)؛ با این حال، تجزیه و تحلیل نتایج مقالهٔ حاضر، وجود الگوهای روشن تنوع غنا بین انواع بافت‌ها را نشان می‌دهد و چندین فرضیه را برای آن الگوها پیشنهاد می‌کند که شایستهٔ مطالعهٔ بیشتر هستند. به‌طور کلی، یافته‌های ما نشان می‌دهند تنوع و فراوانی اندوفیت‌های قارچی در گونه‌های گیاهی هالوفیت می‌توانند علاوه بر فصل، تحت‌تأثیر گونهٔ میزبان و اندام آن تغییر کند. تحقیقات دربارهٔ غنا و تنوع اندوفیت‌ها از مکان‌های مختلف احتمالا درک بیشتری از کلونیزاسیون، توزیع و نقش آنها در تناسب اندام گیاهان را فراهم می‌کند که ممکن است تفاوت‌های جمعیت بین دو بافت را توضیح دهد (۱۲، ۲۳ و ۳۸). عوامل متعددی مانند گونه یا رقم میزبان، نوع خاک، وضعیت فیزیولوژیک گیاه و بافت یا اندام گیاه میزبان، ممکن است تفاوت‌های مشاهده‌شده در تنوع قارچ‌ها را نشان دهند (۱۴). جنس‌های قارچی که شناسایی شدند، در چندین مطالعهٔ دیگر نیز شناسایی شده‌اند (۱۸، ۲۶، ۲۹، ۴۲ و ۴۴).

مطالعهٔ ما پتانسیل بررسی دو اندوفیت قارچی *Fusarium* sp. و *Thielavia* sp. جداسازی‌شده از گیاهان هالوفیت برای نشان‌دادن تنوع غنی دو گونه را برجسته می‌کند. تحقیقات بیشتر برای شناسایی اهمیت عملکردی و اکولوژیک قارچ‌های اندوفیت خاص در گیاه در شرایط مختلف یا در مکان‌های مختلف نیاز است. اگر هریک از این جدایه‌ها برای کاربردهای مفید بیشتر توسعه یابد، تجزیه و تحلیل ما از تغییرات مکانی و زمانی در ترکیب جوامع دلیلی را برای این شک فراهم

می‌کند که حضور آنها در گیاه محدود به گونه‌های خاصی از هالوفیت یا محدود به مکان‌های خاص آزمایش‌شده نخواهد بود. نتایج نشان می‌دهند حضور اندوفیت‌های قارچی در هالوفیت می‌تواند از هر دو زمان فصل و بافت‌های مختلف تأثیر بگیرد؛ اما در غیاب هر گونه الگوی منسجم در سراسر مکان‌ها، عوامل واسطه‌کنندهٔ برهمکنش‌های خاص بین قارچ و گیاه باید به‌صورت محلی ارزیابی شوند.

References

(1) Araim G, Saleem A, Arnason JT, Charest C. Root colonization by an arbuscular mycorrhizal (AM) fungus increases growth and secondary metabolism of purple coneflower, Echinacea *purpurea* (L.) Moench. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009; 57 (6): 2255-8.

(2) Barnett HL, Hunter BB. Illustrated genera of imperfect fungi. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 1972; NO. (3rd ed): 241.

(3) Brader G, Compant S, Vescio K, Mitter B, Trognitz F, Ma LJ. Ecology and genomic insights into plant-pathogenic and plant-nonpathogenic endophytes. *Annual Review of Phytopathology*. 2017; 55: 61–83.

(4) Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A, Hooper DU, Perrings C, Venail P, et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 2012; 486 (7401): 59-67.

(5) Collado J, Platas G, González I, Peláez F. Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in Quercus ilex. *New Phytologist*. 2000; 144: 525–532.

(16) Kusari P, Kusari S, Spiteller M, Kayser O. Endophytic fungi harbored in *Cannabis sativa* L.: diversity and potential as biocontrol agents against host plant-specific phytopathogens. *Fungal diversity*. 2013; 60 (1): 137-51.

(17) Kusari S, Zühlke S, Spiteller M. An endophytic fungus from *Camptotheca*

(6) Dar RA, Rather SA, Mushtaq S, Qazi PH. Purification and characterization of endophytic fungal strains from four different high value medicinal plants of Kashmir valley. *International Journal of Phytopharmacy Research*. 2015; 5 (1): 8-11.

(7) Davitt AJ, Stansberry M, Rudgers JA. Do the costs and benefits of fungal endophyte symbiosis vary with light availability. *New Phytologist*. 2010; 188 (3): 824-34.

(8) de Bary A. *Morphologie und physiologie der pilze, flechten und myxomyceten*. Engelmann; 1866.

(9) De Errasti A, Carmarán CC, Novas MV. Diversity and significance of fungal endophytes from living stems of naturalized trees from Argentina. *Fungal Diversity*. 2010; 41: 29–40.

(10) Enebe MC, Babalola OO. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018; 102 (18): 7821-35.

(11) Espinosa-Garcia FJ, Langenheim JH. The endophytic fungal community in leaves of a coastal redwood population diversity and spatial patterns. *New Phytologist*. 1990; 116 (1): 89-97.

(12) Gong L, Guo S. Endophytic fungi from Dracaena cambodiana and Aquilaria sinensis and their antimicrobial activity. *African Journal of Biotechnology*. 2009; 8: 731–736.

(13) Hallmann J, Quadt-Hallmann A, Mahaffee WF, Kloepper JW. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian journal of microbiology*. 1997; 43 (10): 895-914.

(14) Hashizume Y, Fukuda K, Sahashi N. Effects of summer temperature on fungal endophyte assemblages in Japanese beech (*Fagus crenata*) leaves in pure beech stands. *Botany*. 2010; 88: 266– 274.

(15) https://theplantlist.org, https://www.ipni.org.

acuminata that produces camptothecin and analogues. *Journal of Natural Products*. 2009; 72 (1): 2-7.

(18) Laskar F, Nevita T, Sharma G. Isolation and identification of endophytes from different cultivars of rice (Oryza sativa L.) under wetland and upland conditions in South Assam. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 2012; 6: 357–362.

(19) Li HY, Wei DQ, Shen M, Zhou ZP. Endophytes and their role in phytoremediation. *Fungal Diversity*. 2012; 54 (1): 11-8.

(20) Li WC, Zhou J, Guo SY, Guo LD. Endophytic fungi associated with lichens in Baihua mountain of Beijing, China. *Fungal Diversity*. 2007; 25: 69–80.

(21) Lindblom SD, Wangeline AL, Valdez Barillas JR, Devilbiss B, Fakra SC, Pilon-Smits EA. Fungal endophyte *Alternaria tenuissima* can affect growth and selenium accumulation in its hyperaccumulator host *Astragalus bisulcatus*. *Frontiers in plant science*. 2018; 9: 1213.

(22) Lundberg DS, Lebeis SL, Paredes SH, Yourstone S, Gehring J, Malfatti S, et al. Defining the core *Arabidopsis thaliana* root microbiome. *Nature*. 2012; 488 (7409): 86-90.

(23) Lv YL, Zhang FS, Chen J, Cui JL. Diversity and antimicrobial activity of endophytic fungi associated with the alpine plant *Saussurea involucrata*. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*. 2010; 33: 1300–1306.

(24) Margalef R. Measurement of diversity. *Nature*. 1963; 163: 688.

(25) Massimo NC, Devan MN, Arendt KR, Wilch MH, Riddle JM, Furr SH, et al. Fungal endophytes in aboveground tissues of desert plants: infrequent in culture, but highly diverse and distinctive symbionts. *Microbial ecology*. 2015; 70 (1): 61-76.

(26) Naik BS, Shashikala J, Krishnamurthy YL. Study on the diversity of endophytic communities from rice (*Oryza sativa* L.) and their antagonistic activities in vitro. *Microbiological Research*. 2009; 164: 290–296.

(27) Petrini O. Fungal endophytes of tree leaves. *In Microbial ecology of leaves*. Springer, New York, NY; 1991; 179-197.

(28) Porras-Alfaro A, Raghavan S, Garcia M, Sinsabaugh RL, Natvig DO, Lowrey TK. Endophytic fungal symbionts associated with gypsophilous plants. *Botany*. 2014; 92 (4): 295-301.

(29) Potshangbam M, Devi SI, Sahoo D, Strobel GA. Functional characterization of endophytic fungal community associated with *Oryza sativa* L. and *Zea mays* L. *Frontiers in Microbiology*. 2017; 8: 1–15.

(30) Rodriguez RJ, Redman RS, Henson JM. Symbiotic lifestyle expression by fungal endophytes and the adaptation of plants to stress: unraveling the complexities of intimacy. *Mycology Series*. 2005; 23: 683.

(31) Rodriguez RJ, White Jr JF, Arnold AE, Redman AR. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New phytologist*. 2009; 182 (2): 314-30.

(32) Shi Y, Li C, Yang H, Zhang T. Endophytic fungal diversity and space-time dynamics in sugar beet. *European Journal of Soil Biology*. 2016; 77: 77–85.

(33) Sieber T. Endophytic fungi in needles of healthy-looking and diseased Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten). *European Journal of Forest Pathology*. 1988; 18 (6): 321-42.

(34) Simpson EH. Measurement of diversity. *nature*. 1949; 163 (4148): 688.

(35) Soltani J, Zaheri Shoja M, Hamzei J, Hosseyni Moghaddam MS, Pakvaz S. Diversity and bioactivity of bacterial endophyte community of Cupressaceae. *Forest Pathology*, 2016; 46 (4): 353-361.

(36) Staniek A, Woerdenbag HJ, Kayser O. Endophytes: exploiting biodiversity for the improvement of natural product-based drug

discovery. *Journal of plant interactions*. 2008; 3 (2): 75-93.

(37) Straub D, Rothballer M, Hartmann A, Ludewig U. The genome of the endophytic bacterium H. frisingense GSF30T identifies diverse strategies in the *Herbaspirillum* genus to interact with plants. *Frontiers in microbiology*. 2013; 4: 168.

(38) Su YY, Guo LD, Hyde KD. Response of endophytic fungi of Stipa grandis to experimental plant function group removal in Inner Mongolia steppe, China. *Fungal Diversity*. 2010; 43 (1): 93-101.

(39) Suman A, Yadav AN, Verma P. Endophytic microbes in crops: diversity and beneficial impact for sustainable agriculture. *In Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity*. 2016: 117-143.

(40) Sun X, Ding Q, Hyde KD, Guo LD. Community structure and preference of endophytic fungi of three woody plants in a mixed forest. *Fungal ecology*. 2012; 5 (5): 624-32.

(41) Tao G, Liu ZY, Hyde KD, Lui XZ, Yu ZN. Whole rDNA analysis reveals novel and endophytic fungi in *Bletilla ochracea* (Orchidaceae). *Fungal Divers*. 2008; 33 (1): 101-12.

(42) Tian XL, Cao LX, Tan HM, Zeng QG. Study on the communities of endophytic fungi and endophytic actinomycetes from rice and their antipathogenic activities in vitro. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2004; 20: 303–309.

(43) Vega FE, Posada F, Aime MC, Pava-Ripoll M, Infante F, Rehner SA. Entomopathogenic fungal endophytes. *Biological control*. 2008; 46 (1): 72-82.

(44) Wang W, Zhai Y, Cao L, Tan H, Zhang R. Endophytic bacterial and fungal microbiota in sprouts, roots and stems of rice (*Oryza sativa* L.). *Microbiological Research*. 2016; 188: 1–8.

(45) Xing X, Guo S. Fungal endophyte communities in four Rhizophoraceae mangrove species on the south coast of China. *Ecological research*. 2011; 26 (2): 403-9.

(46) Yao H, Sun X, He C, Maitra P, Li XC, Guo LD. Phyllosphere epiphytic and endophytic fungal community and network structures differ in a tropical mangrove ecosystem. *Microbiome*. 2019; 7 (1): 1-5.

(47) Yuan ZL, Zhang CL, Lin FC. Role of diverse non-systemic fungal endophytes in plant performance and response to stress: progress and approaches. *Journal of plant growth regulation*. 2010; 29 (1): 116-26.

---

[1]- de Bary
[2]- Endophyte
[3]- Canopy
[4]- Halophyte
[5]- Initial denaturation
[6]- Annealing
[7]- Elangation
[8]- Colonization
[9]- Ecosystem