

کلیدهای برهم‌کنشی رایانه‌ای شناسایی قارچ‌ها

امید شناور^۱ و رضا مستوفی‌زاده قلمفرسا^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی بخش گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۸

شناور ا. و مستوفی‌زاده قلمفرسا ر. ۱۳۹۴. کلیدهای برهم‌کنشی رایانه‌ای شناسایی قارچ‌ها. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی*

۴(۲): ۵۲-۴۱.

چکیده

شناسایی دقیق قارچ‌ها و شبه‌قارچ‌ها یکی از مهم‌ترین گام‌ها برای یافتن راه‌کاری برای استفاده یا مبارزه با آن‌ها بوده است. ولی این فرآیند معمولاً زمان‌گیر و پرهزینه است. کلیدهای برهم‌کنشی یکی از راه‌کارهای کاهش این زمان و شناسایی دقیق گونه‌ها است. کلید برهم‌کنشی برنامه‌ای رایانه‌ای است که در آن کاربر صفات ریختی و یا مولکولی نمونه‌ی مورد نظر را وارد می‌کند و برنامه آن‌ها را با داده‌های موجود مقایسه می‌کند تا به گونه‌ی مورد نظر یا گونه‌ای که بیش‌ترین شباهت را با نمونه‌ی مورد مطالعه داشته باشد، برسد. این کلیدها برای هر گونه‌ی شناخته شده تصاویر و اطلاعات جداگانه‌ای دارند. در این مقاله تعدادی از این کلیدها و نحوه‌ی کارکرد آن‌ها معرفی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: *Tilletia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Trichoderma*

مقدمه

با توجه به تنوع موجودات زنده، اهمیت آرایه‌بندی (Taxonomy) در دنیای علم امروز بسیار زیاد است. شاید اهمیت این نکته برای بیماری‌شناسان گیاهی بیش‌تر باشد. آن‌ها باید بدون هیچ گفت‌وگویی با گیاه بیمار عامل بیماری را بیابند، بشناسند و عوارض آن را تیمار کنند. لذا بیش‌تر تلاش آن‌ها صرف همین شناسایی و شناخت می‌شود. به فرایندی که با آن نمونه‌ی مورد نظرمان را به یک آرایه منسوب می‌کنیم، شناسایی گفته می‌شود. برای دستیابی به این هدف ما روش‌های مختلفی را در اختیار داریم. از آن جمله می‌توان به استفاده از کلیدهای شناسایی سنتی (Conventional keys) و کلیدهای شناسایی برهم‌کنشی (Interactive keys) اشاره کرد.

*مسئول مکاتبه، پست الکترونیک: rmostofi@shirazu.ac.ir

۱- کلیدهای شناسایی

کلیدهای شناسایی سنتی به صورت درختی طراحی می‌شوند. بدین گونه که صفت‌ها در گره‌های میانی قرار می‌گیرد و گره‌های انتهایی نام آرایه را در بر دارد (Dallwitz *et al.* 2013a). کاربر از ابتدای ریشه شروع می‌کند و شاخه‌هایی حاوی ویژگی‌های نمونه‌ی مورد نظر را دنبال می‌کند تا در نهایت به نام آرایه‌ی انتهایی برسد. سعی طراحان این کلیدها بر این است که با قرار دادن صفت‌های جایگزین و مختلف در هر گره، کار را برای کاربر آسان کنند؛ اما این تلاش با محدودیت‌هایی روبه‌روست، چون این صفات همواره باید یکسانی توزیع حالات و چگونگی خود را در میان گونه‌های باقی‌مانده در گره حفظ کنند. یک خطا توسط کاربر در تخصیص یک صفت به یک نمونه، منجر به شناسایی اشتباه می‌شود (Dallwitz *et al.* 1998). هنگام استفاده از کلیدهای سنتی تنها راهی که می‌توانید اشتباهی را جبران کنید این است که حدس بزنید اشتباه کجا صورت گرفته و سپس به همان گره بازگردید و شاخه‌ی دیگری را دنبال کنید. حال اگر اشکال در خودِ کلید باشد، این بازیابی ناممکن است. در مقابل، کلید برهم‌کنشی برنامه‌ای رایانه‌ای است که در آن کاربر صفات نمونه‌ی مورد نظر را وارد می‌کند. به طور معمول این برنامه گونه‌هایی را که صفت‌های آن‌ها با نمونه‌ی مورد نظر ما هم‌خوانی نداشته باشد، حذف می‌کند و این کار را تا جایی ادامه می‌دهد که تنها یک آرایه باقی بماند. با این حال تعدادی از این برنامه‌ها آرایه‌ها را فقط براساس میزان تشابه رده‌بندی می‌کند.

کلید برهم‌کنشی برتری‌های زیادی نسبت به کلیدهای سنتی دارند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره

کرد:

استفاده‌ی نامحدود از صفت‌ها: صفت‌ها را می‌توان به هر ترتیبی استفاده کرد. ویژگی‌هایی را که در نمونه در دسترس نیست و یا شناسایی آن برای کاربر کاملاً مقدور نیست، می‌توان کنار گذاشت.

حذف ویژگی و تغییر آن: یکی از محدودیت‌های نامطلوب برای کاربر، عدم امکان ویرایش آسان اشتباه در

هنگام شناسایی است؛ اما در این گونه کلیدها مقادیر هر ویژگی در هر مرحله از شناسایی می‌تواند تغییر کند و یا

حذف شود.

تحمل خطا: حتی با وجود اشتباه از طرف کاربر یا خطا در داده‌های موجود، باز هم می‌توان انتظار شناسایی

صحیح را داشت. به هر حال گونه‌هایی که به هر شکل، تفاوتی با نمونه داشته باشند حذف می‌شوند. اگر بدانید یا

مشکوک باشید که خطایی صورت گرفته است، می‌توانید برنامه را طوری تنظیم کنید تا گونه‌هایی را حذف کند که در بیش از یک مورد با نمونه‌ی مورد نظرتان تفاوت دارند. در نرم‌افزار INTKEY (INTKEY Ver. 5.11) که در ادامه به آن اشاره خواهد شد، این ویژگی با پارامتری به نام تحمل (Tolerance) تعریف می‌شود که مقدار آن می‌تواند صفر یا هر عدد مثبت صحیح دیگری باشد. گونه‌هایی که در مقایسه با نمونه‌ی ما دارای تعداد تفاوت بیش‌تری نسبت به این به مقدار باشند، حذف خواهند شد.

تعیین خطا: کلیدهای برهمکنشی می‌توانند توسط سازوکار تحمل که پیش‌تر به آن اشاره شد، خطاهای کاربر یا داده‌ها را مُعین کنند. این ویژگی به کاربر کمک می‌کند تا قدرت شناسایی خود را افزایش دهد. علاوه بر این خطای داده‌ها را می‌توان برای اصلاح در نسخه‌های بعدی به سازنده‌ی کلید گزارش کرد.

ابراز عدم اطمینان: این بدین معنی است که کاربری که نسبت به شناسایی ویژگی‌ها اطمینان ندارد، می‌تواند بیش از یک مقدار یا دامنه‌ای از مقادیر را وارد کند.

به‌روزرسانی آسان: این کلیدها را می‌توان به سادگی با ایجاد اصلاحات و اضافه کردن اطلاعات به ماتریس داده‌ها تغییر داد. در صورتی که در روش سنتی این کار به آسانی قابل انجام نیست و هر اصلاحی پیچیدگی‌های زیادی را به دنبال خواهد داشت و ایجاد هر تغییر در ماتریس داده‌ها ممکن است تأثیر زیادی در ساختار کلی کلید ایجاد کند. کندوکاو و بررسی در استفاده از روش‌های تشخیص مبتنی بر رایانه به بیش از ۴۰ سال پیش برمی‌گردد (Dallwitz 2011). در جدول ۱ تاریخچه‌ای از کاربرد کلیدهای برهمکنشی و مزایای آن‌ها نشان داده شده است. در ادامه به مهم‌ترین رویکردها و پیشرفت‌های صورت گرفته در ساخت این برنامه‌ها اشاره‌ای مختصر خواهیم داشت.

DELTA Format

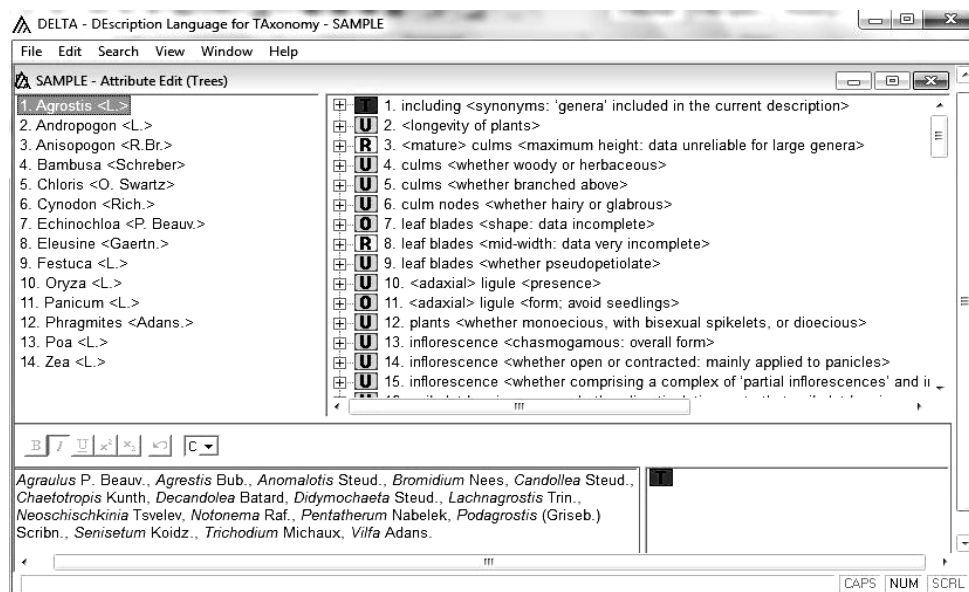
واژه‌ی DELTA در DELTA Format کوتاه‌ی Description Language for Taxonomy است. روش DELTA شیوه‌ای برای رمزگذاری اطلاعات و ویژگی‌های هر گونه به صورت داده‌های ماتریسی است (Pankhurst 1998). این روش با استفاده از زبان آسکی (American Standard Code for Information Interchange) انجام می‌شود که یک رمزنگاری نشانه‌ها براساس زبان انگلیسی است. از خصوصیات مهم آن می‌توان به کنار هم قرار دادن آرایه‌های مختلف و تعیین صفات‌های هر یک، انتخاب تصویر، یادداشت و حتی

صدا برای هر صفت و همچنین توانایی استخراج داده‌ها، آن هم به هر صورتی که کاربر بخواهد، اشاره کرد. این قالب بنیان بسیاری از برنامه‌های مربوط به کلیدهای برهم‌کنشی را تشکیل می‌دهد و هنوز در بسیاری از این برنامه‌ها کاربرد دارد. یکی از ویژگی‌های آن این است که داده‌ها به راحتی قابل ایجاد و ویرایش هستند. برنامه‌ای که بیش‌تر برای این کار استفاده می‌شود، DELTA Editor نام دارد (Dallwitz *et al.* 2013b). در ادامه نگاهی مختصر به نحوه‌ی عملکرد این برنامه خواهیم انداخت.

در شکل ۱ نمونه‌ی از پیش طراحی شده‌ای را مشاهده می‌کنید. به راحتی می‌توانید با استفاده از این برنامه

جدول ۱- تاریخچه‌ای از کاربرد کلیدهای برهم‌کنشی و مزایای آن‌ها

برنامه	امکانات مهم برای شناسایی
(Goodall 1968)	استفاده‌ی نامحدود از صفت‌ها، قابلیت کاربرد صفت‌های عددی، اظهار عدم اطمینان، حفظ ناشناخته‌ها.
(Morse 1971)	تحمل خطا، استفاده از بهترین صفت.
ONLINE Ver. 5 (1987), Pankhurst & Aitchison 1975)	تغییر و حذف صفت، تعیین وابستگی‌های صفت‌ها، مشاهده‌ی تفاوت‌ها، جداسازی یک آرایه.
INTKEY Ver. 2 (Watson <i>et al.</i> 1989)	تعیین خطا، اتکا به صفت‌ها، استفاده از زیرمجموعه‌ای از صفت‌ها، استفاده از اعداد صحیح، قابلیت توصیف برای هر تشخیص.
INTKEY Ver. 4 (1995)	قابلیت استفاده از تصاویر برای هر صفت و آرایه براساس موضوع، قابلیت نوشتن یادداشت برای هر صفت، انتخاب چگونگی و حالت صفت بر اساس تصاویر، قابلیت جست‌وجو در فهرست صفت‌ها.
Delta Editor (2000)	انتخاب تصویر، گذاشتن یادداشت و صدا برای صفت‌ها، ویرایش آسان داده‌ها، توانایی استخراج داده‌ها به شکل‌های دلخواه و قابلیت ترجمه برای استفاده در برنامه‌های دیگر.
SLIKS (Guala 2006)	کاملاً رایگان، عدم نیاز به نصب و برنامه‌ی ویژه، کاربری ساده، اجرا توسط مرورگرهای موجود در سیستم عامل.
Xper2(Ung <i>et al.</i> 2010)	استفاده‌ی آسان برای هر کاربر از مبتدی تا پیشرفته، نوشته شده براساس جاوا و قابل اجرا در انواع سیستم‌های عامل از جمله ویندوز، مکینتاش و لینوکس.
Lucid Builder (2011)	قرار دادن آسان اطلاعات و صفات، داشتن قابلیت اجرا در ساده‌ترین سیستم‌ها و با حداقل امکانات به صورت آفلاین و همچنین قابلیت اجرای آنلاین در وبسایت‌ها.
LisBeth (Zaragüeta-Bagils <i>et al.</i> 2012)	طراحی شده برای واکاوی‌های سه‌موردی (three-item analysis = 3ia)، یعنی بررسی‌های فیلوژنتیک و کلاستیکی جغرافیای زیستی.



شکل ۱- صفحه‌ی اولیه و نمونه‌ی کلید تشخیصی که در نرم‌افزار DELTA وجود دارد (Dallwitz et al. 2013b).

آرایه‌های مختلفی را در کنار یک‌دیگر قرار دهید و سپس صفت‌های هر یک را تعیین کنید. حتی می‌توانید برای توصیف بهتر هر صفت تصویر، یادداشت و حتی صدا انتخاب کنید. همچنین می‌توان صفتی را در کنترل صفتی دیگری قرار داد. همان‌طور که در علم زیست‌شناسی گاهی لازمه‌ی بروز صفتی، وجود و ظهور صفت دیگری است. می‌توانید صفات را براساس اهمیت مرتب و یا نوع صفت (عددی، توصیفی) را تعیین کرد.

یکی از امکانات منحصر به فرد در نرم‌افزار DELTA توانایی استخراج داده‌هاست، آن هم به هر صورتی که کاربر بخواهد. کاربر می‌تواند صفت‌ها، مقادیرشان، تصاویرشان، فهرستشان یا موارد دیگر را به اشکال گوناگون استخراج کند. این آزادی انتخاب، کاربر را قادر می‌سازد که به راحتی و با سرعت بیشتر کلید خود را آن‌گونه که می‌پسندد طراحی و اطلاعات را هر آن‌طور که می‌خواهد طبقه‌بندی کند. یکی از ویژگی‌هایی که در ادامه به این نرم‌افزار اضافه شد، قابلیت تبدیل اطلاعات برای استفاده در برنامه‌های شناسایی است. این نرم‌افزار از جمله برنامه‌هایی است که قادر به خواندن کلیدهای INTKEY است و بزرگ‌ترین مزیت آن، استفاده‌ی آسان برای هر کاربر است.

INTKEY

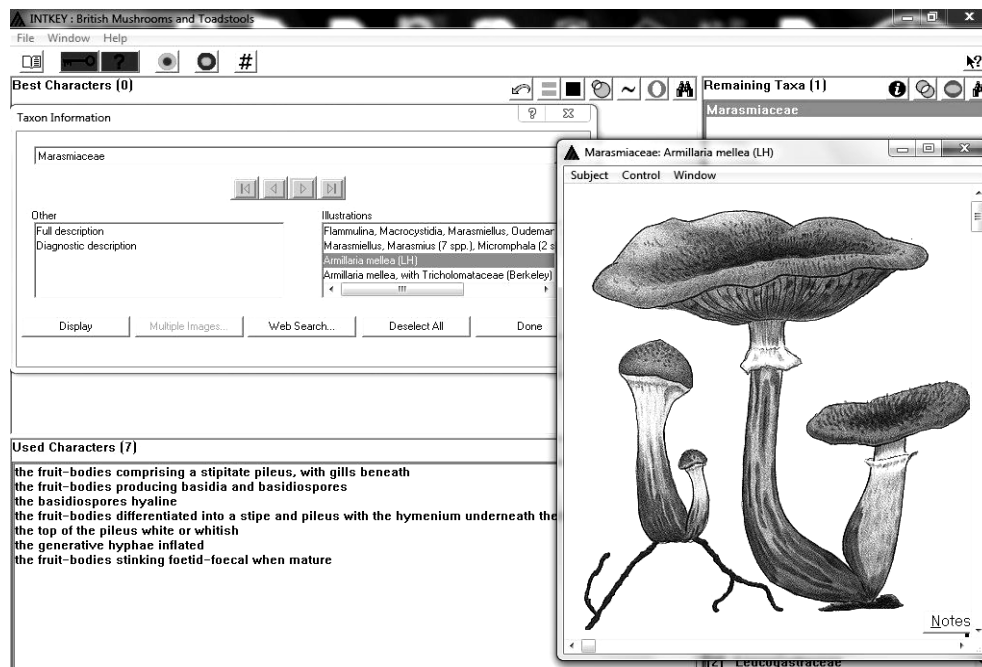
این برنامه شکل تکامل یافته‌ی برنامه‌ای به نام ONLINE است (Pankhurst & Aitchison 1975). نحوه‌ی

عملکرد این برنامه هم مانند بسیاری از برنامه‌های مشابه، براساس حذف نمونه‌های نامتشابه است. هر گونه‌ای که با

نمونه‌ی ما در صفت انتخاب شده اشتراکی نداشته باشد، حذف خواهد شد. در این کلید صفات بر اساس بهترین ویژگی تنظیم و سپس به پرسش‌های نمایش داده شده پاسخ داده می‌شود و این کار تا جایی ادامه داده می‌کند تا تنها به یک نمونه منتهی شود. با انتخاب آرایه‌ی باقی مانده، می‌توان به توضیحات و تصاویر تعیین شده برای آن دسترسی یافت و به سادگی آن‌ها را مشاهده کرد (شکل ۲). این برنامه تمام مزیت‌های یک کلید برهم‌کنشی را داراست، مانند انتخاب براساس بهترین صفت، استفاده از قابلیت تحمل خطا و مانند آن، اما مهم‌ترین ویژگی آن استفاده‌ی آسان است (Dallwitz 2005).

۲- کاربرد در قارچ‌شناسی

یکی از کاربردهای کلیدهای برهم‌کنشی در شناسایی قارچ‌ها است. وجود این کلیدها مزیت بزرگی برای بیماری‌شناسان گیاهی و به خصوص قارچ‌شناسان محسوب می‌شود. روند شناسایی بسیاری از قارچ‌های بیماری‌زا فرآیندی طولانی و پرهزینه را می‌طلبد، اما وجود این نوع کلیدها علاوه بر اطمینان دهی به آن‌ها، کار را برای




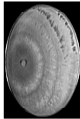

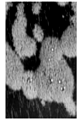
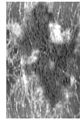

شکل ۲ - نمایی از نرم‌افزار INTKEY که به وسیله‌ی آن کلید ساخته شده برای نمایش تیره‌های قارچی موجود در جزایر بریتانیا به اجرا درآمده است (Watson & Dallwitz 2008). در این جا پس از انتخاب آرایه‌ی نهایی، امکان دسترسی به تصویر آن پیدا شده است.

بیماری‌شناسان ساده‌تر می‌کند. امروزه ایجاد این کلیدها در قارچ‌شناسی و استفاده از آن‌ها سرعت پیدا کرده است به طوری که با گشتی ساده در فضای مجازی با انواع و اقسام کلیدهای آنلاین روبه‌رو می‌شویم. به طور نمونه، کلید شناسایی برهم‌کنشی اینترنتی گونه‌های جنس *Trichoderma* یکی از نمونه‌هایی است که بدین منظور ساخته شده است (Samuels *et al.* 2014). صفحه‌ی نخست این کلید امکان دست‌یابی به اطلاعات فراوانی را برای کاربر فراهم می‌کند (شکل ۳). این اطلاعات چنان ساده و مناسب دسته‌بندی شده‌اند که کاربر به راحتی می‌تواند به آن‌ها دسترسی پیدا کند. از جمله‌ی این اطلاعات می‌توان به اصطلاحات، نام‌گذاری‌ها، شکل‌ها، مطالب مرتبط، منابع و مانند آن اشاره کرد. در بخشی از این صفحه پیوندی برای دسترسی به کلید برهم‌کنشی قرار گرفته که با انتخاب آن می‌توان وارد صفحه‌ی مربوط به شناسایی شد. نحوه‌ی عملکردی این کلید بدین صورت است که چند صفت اصلی مانند کنیدیوم، کنیدیوفور، فیالید، کلامیدوسپور، محیط کشت و آسکوسپور را باید وارد کلید کرد و باز خورد کلید گونه‌هایی است که با مشخصات ما هم‌خوانی دارد. یکی از ویژگی‌های مهم این کلید ایجاد جدول مقایسه‌ای است. امروزه داده‌های ورودی کلیدهای برهم‌کنشی ممکن است به صورت داده‌های ریخت‌شناختی یا مولکولی باشند. برخی کلیدهای برهم‌کنشی شناسایی قارچ‌ها در اینترنت در جدول ۲ آمده است.

Trichoderma

(Fungi, Ascomycetes, Hypocreales)

United States
Department of Agriculture
Agricultural Research Service

This site provides an interactive key, images, descriptions, distributions and nomenclature for the genus *Trichoderma*. The taxa in *Trichoderma* are microscopic conidial producing fungi: especially common in soil. Many are associated with the ascospore producing genus *Hypocrea* which is generally found on woody substrates. This is part of the PEET Project, Monographic Studies of Hypocreales: *Hypocrea* and *Hypomyces*, funded by the National Science Foundation. Participants: Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA; Dept. of Plant Pathology, Pennsylvania State University.

Start Here

Developed and maintained by the Systematic Mycology & Microbiology Lab, Agricultural Research Service, USDA

Suggested citation: Samuels, G.J., Chaverr, P., Farr, D.F., & McCray, E.B. *Trichoderma* Online. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Retrieved June 11, 2015, from taxadescriptors.keys/Trichoderma/index.cfm

This site uses cookies. See our [Privacy Policy](#) for more information. | Comments or questions: Herbarium@ARS.usda.gov | [Page last updated](#)

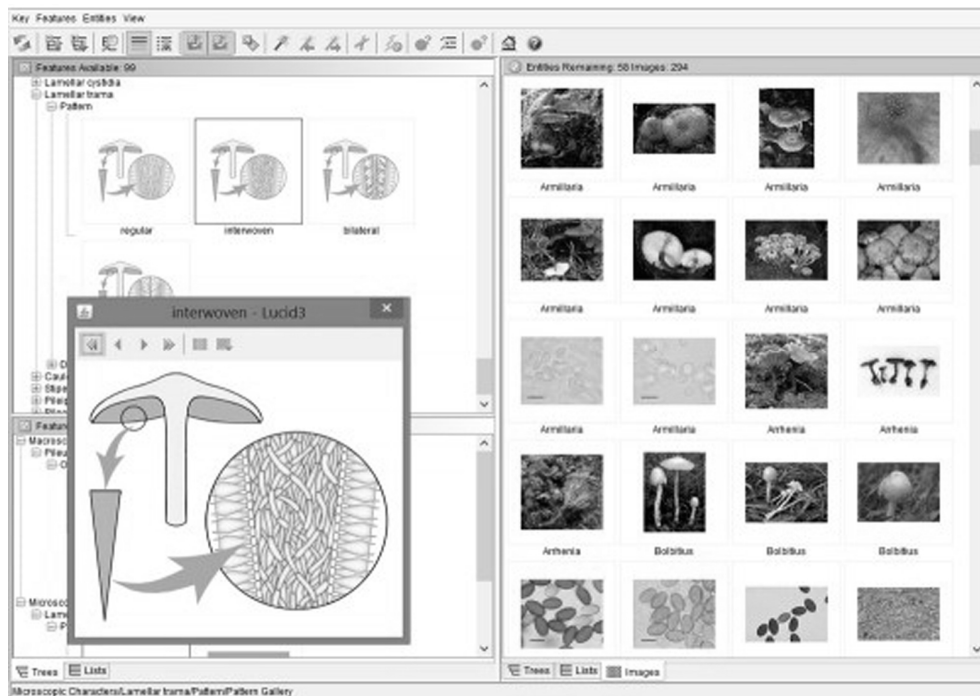
شکل ۳- صفحه‌ی نخست کلید شناسایی برهم‌کنشی اینترنتی گونه‌های جنس *Trichoderma* (Samuels *et al.*)

(2014).

جدول ۲- برخی کلیدهای برهمکنشی قارچ‌ها و موجودات شبه‌قارچی در اینترنت

نام کلید	آرایه(های) تشخیصی	نوع داده‌ها	تارنما
Fusarium-ID	گونه‌های <i>Fusarium</i>	مولکولی	http://isolate.fusariumdb.org/index.php
Key to taxa of Xylariaceae	جنس‌های خانواده‌ی <i>Xylariaceae</i>	ریخت‌شناسی	http://mycology.sinica.edu.tw/Xylariaceae/keygenera.asp?qrySectionName=Xylariaceae
MycoKey MMI	قارچ‌های بازیدیومیست کلاه‌دار	ریخت‌شناسی	http://www.mycology.com/newMycoKeySite/MycoKeyIdentQuick.html
Phaeoacremonium Information Sheet	گونه‌های <i>Phaeoacremonium</i>	مولکولی	http://www.cbs.knaw.nl/phaeoacremonium/
Phytophthora-ID	گونه‌های <i>Phytophthora</i>	مولکولی	http://phytophthora-id.org/
Trichoderma Interactive Key	گونه‌های <i>Trichoderma</i>	ریخت‌شناسی	http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/TrichodermaIndex.cfm
Legume Rusts Interactive Key	قارچ‌های مولد زنگ (راسته‌ی <i>Uredinales</i>) روی تیره‌ی <i>Fabaceae</i>	ریخت‌شناسی	http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/LegumeRustsIndex.cfm
Hypomyces Interactive Key	گونه‌های <i>Hypomyces</i>	ریخت‌شناسی	http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/HypomycesIndex.cfm
Ravenelia Interactive Key	گونه‌های <i>Ravenelia</i>	ریخت‌شناسی	http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/RaveneliaIndex.cfm
Hypocreales of the Southeastern United States	اعضای راسته‌ی <i>Hypocreales</i> موجود در ایالات جنوب شرقی آمریکا	ریخت‌شناسی	http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/HypocrealesSouthEastIndex.cfm
Tilletia Key	گونه‌های <i>Tilletia</i> در ایالات متحد آمریکا	ریخت‌شناسی	http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/tilletia/Index2.cfm
TrichOKEY	گونه‌های <i>Trichoderma</i> و <i>Hypocrea</i>	مولکولی	http://www.isth.info/tools/molkey/index.php
A guide to lichens on twigs	گل سنگ‌های موجود روی ترکه‌ها	ریخت‌شناسی	http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/plants-fungi/lichen-id-guide/

تعداد نرم‌افزارهایی که برای آسان کردن شناسایی برای متخصصان ایجاد شده، بسیار زیاد است. از آن جمله می‌توان به *DIABOLIS*, *LINNAEUS*, *GENCOMEX*, *CABIKEY* و *LUCID* اشاره کرد. امروزه از بین این کلیدها *LUCID* (Lucid Builder Ver. 3.3) فراگیرتر شده است و توانسته ارتباط بهتری را با متخصصان برقرار کند (شکل ۴). یکی از علت‌ها شاید مربوط به محیط ساده‌تر و مناسب‌تر این کلید باشد. از کلیدهای قارچ‌شناسی که با این نرم‌افزار تهیه شده می‌توان به کلید گونه‌های *Phytophthora* (Ristaino 2012)، گونه‌های *Pythium* (Moorman et al. 2014)، راسته‌های *Trichomyces*، گونه‌های *Amoebidiales* گونه‌های *Enterobryus* گونه‌های متعلق به جنس‌های *Lactarius* و *Russula* و مانند آن اشاره کرد. دسته‌ی دیگری از کلیدها، کلیدهای تحت شبکه‌ی وب هستند. این کلیدها با فراگیری اینترنت و همچنین قدرت گرفتن از برنامه‌هایی نظیر *JAVA* به سرعت در حال گسترش هستند. البته این کلیدها بی‌اشکال نیستند. به طور مثال، برخی از این کلیدها دوباره کاری و تکرار محسوب می‌شوند که منجر به هدردهی منابع می‌شوند. لذا، توصیه می‌شود این انرژی صرف بهبود و تحقیق در مورد جنبه‌های مختلفی از شناسایی مبتنی بر رایانه شود که در مورد آن‌ها غفلت شده است.



شکل ۴- نمایی از نرم‌افزار *LUCID* که به کمک آن کلیدی به نام *FunKey* برای قارچ‌های میکروسکوپی استرالیا ساخته شده است.

نتیجه

کلیدهای برهم‌کنشی، همانند دیگر ابزارهای علم فنآوری اطلاعات، ابزاری هستند که در صورت کارکرد صحیح می‌تواند به محقق یاری برساند. یک کلید تشخیص گونه‌های بیمارگر گیاهی در درجه‌ی اوّل نیاز به یک متخصص بیماری‌شناسی گیاهی آشنا با علم فنآوری اطلاعات دارد. فنآوری اطلاعات، دانشی است که می‌توان آن را در خدمت علم قارچ‌شناسی درآورد و برای پیشرفت هرچه بیش‌تر آن را به کار گرفت. این دو علم امروزه آن‌چنان به هم مرتبط هستند که وجود یکی بقای دیگری را تأمین می‌کند. با این‌که راهی طولانی برای رسیدن به این نقطه طی شده، اما هنوز راه پایان نیافته است و نیاز به بررسی‌های بیش‌تر و دقیق‌تری احساس می‌شود. به کارگیری کلیدهای برهم‌کنشی فقط بخشی از فرآیند تشخیص است و کارایی آن‌ها شدیداً به داده‌های موجود در کلید و دقت آن‌ها بستگی دارد. مسلماً پیشرفت‌های مولکولی به خصوص در زمینه‌ی فنآوری بارکدگذاری مولکولی ممکن است به افزایش صحت تشخیص در این کلیدها کمک کند.

References

منابع

1. Dallwitz M. J. 2005. An Intkey example: Identification. Online: <http://delta-intkey.com/www/id.htm>. (Accessed: 19 June 2014).
2. Dallwitz M. J. 2011. A comparison of interactive identification programs. URL: <http://delta-intkey.com/www/comparison.htm>. (Accessed: 19 June 2014)
3. Dallwitz M. J., Paine T. A. & Zurcher E. J. 1998. Interactive keys. *In*: pp. 201–212. Bridge P., Jeffries P., Morse D. R., & Scott P. R. Information Technology, Plant Pathology and Biodiversity. CAB International, Wallingford, UK.
4. Dallwitz M. J., Paine T. A. & Zurcher E. J. 2006. Intkey for Windows version 5.11. CSIRO Division of Entomology, Canberra, Australia.
5. Dallwitz M. J., Paine T. A. & Zurcher E. J. 2013a. Principles of interactive keys. Online: <http://delta-intkey.com/www/interactivekeys.htm>. (Accessed: 19 on 27 May 2014).
6. Dallwitz M. J., Paine T. A. & Zurcher E. J. 2013b. User's guide to the DELTA editor. Online: <http://delta-intkey.com/www/delta-ed.htm>. (Accessed: 19 June 2014).
7. Delta Editor. 2000. Version 1.04. Computer Program, CSIRO, Australia.
8. Goodall D. W. 1968. Identification by computer. *BioScience* 18:485–488.
9. Guala G. F. 2006. SLIKS, Stinger's Lightweight Interactive Key Software. Online: www.stingersplace.com/SLIKS. (Accessed: 4 December 2014).

10. Lucid Builder Version 3.3. 2011. Online: <http://www.lucidcentral.org>. (Accessed: 19 June 2014).
11. Moorman G. W., May S., Ayers K. M. The Key to *Pythium* species. 2014. Online: <http://keys.lucidcentral.org/key-server/player.jsp?keyId=121> (Accessed: 2 December 2014).
12. Morse L. E. 1971. Specimen identification and key construction with time-sharing computers. *Taxon* 20:269–282.
13. Pankhurst R. J. & Aitchison R. R. 1975. An on-line identification program. *Biological identification with computers* 181-194.
14. Pankhurst R. J. 1998. A historical review of identification by computer. *Information Technology, Plant Pathology & Biodiversity*. Oxon, UK: CAB International, 289-303.
15. Ristaino J. B. 2012. A Lucid Key to the Common Species of *Phytophthora*. *Plant Disease* 96(6):897–903
16. Samuels G. J., Chaverri P., Farr D. F. & McCray E. B. 2014. *Trichoderma* Online, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Online: <http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/trichodermaindex.cfm>. (Accessed: 22 June 2014).
17. Ung V., Dubus G., Zaragüeta-Bagils R. & Vignes-Lebbe R. 2010. Xper2: Introducing e-taxonomy. *Bioinformatics* 26(5):703-704.
18. Watson L. & Dallwitz M. J. 2008. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 10th April 2008. Available via DIALOG.
19. Watson L., Gibbs Russell G. E. & Dallwitz M. J. 1989. Grass genera of southern Africa: Interactive identification and information retrieval from an automated data bank. *South African Journal of Botany* 55:452–463.
20. Zaragüeta-Bagils R., Ung V., Grand A., Vignes-Lebbe R., Cao N. & Ducasse J. 2012. LisBeth: New cladistics for phylogenetics and biogeography. *Comptes Rendus Palevol* 11(8):563–566.

Computerized Interactive Keys for Identification of Fungi

OMID SHENAVAR¹ & REZA MOSTOWFIZADE-GHALAMFARSA^{2*}

1-M.Sc. Student, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Associate Professor, Department of Plant Protection, Collage of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran (*Corresponding author, E-mail: rmostofi@shirazu.ac.ir)

Received: 2014.12.06

Accepted: 2015.08.30

Shenavar O. & Mostowfizadeh-Ghalamfarsa R. 2015. Computerized interactive keys for identification of fungi. *Plant Pathology Science* 4(2):41-52

Abstract

Accurate identification of fungi and fungus-like organisms is one of the most important steps for finding an approach to employ or control them. Nevertheless, this process is usually laborious and slow. Application of interactive keys is one of the ways to save the time and have an accurate identification of the species. An interactive key is a computer program in which the user enters morphological or molecular attributes of the specimen and the program compares them with the data of its database to find a match species with the highest similarity. Such keys also allocate separate images and other data for any known species. In this paper some of the interactive identification keys and their function is discussed.

Key words: *Trichoderma, Fusarium, Phytophthora, Tilletia*