قارچ‌ها و شبه‌قارچ‌های ناقل ویروس‌های گیاهی

سمانه فولادوند و سیده عاطفه حسینی *

دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۵

فولادوند س. و حسینی س.ع. ۱۳۹۴. قارچ‌ها و شبه قارچ‌های ناقل ویروس‌های گیاهی. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۴(۲):۶۳-۵۳.

چکیده

قارچ‌های *Olpidium brassicae* و *O. boronovanus* و دو گونه شبه قارچ *Polymyxa graminis* و *P.betae* به عنوان ناقلین مهم ویروس‌های گیاهی شناخته شده‌اند. تمامی این قارچ‌ها و شبه‌قارچ‌ها انگل اجباری ریشه گیاهان می‌باشند و ویروس‌های متعلق به ۱۲ جنس در ۴ خانواده را منتقل می‌کنند. در این مقاله ضمن معرفی این ناقلین و چرخه‌ی زندگی آن‌ها، ویروس‌هایی که منتقل می‌کنند و نحوه‌ی کسب و انتقال ویروس‌ها شرح داده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: خاک‌برد، ویروس، *Olpidium* ، *Polymyxa*

مقدمه

اکثر ویروس‌های گیاهی برای انتشار از گیاهی به گیاهی دیگر کاملاً وابسته به یک ناقل هستند. تعدادی از انواع مختلف ریزجانداران برای ویروس‌های گیاهی به عنوان ناقل عمل می‌کنند. تعدادی از قارچ‌ها و شبه‌قارچ‌ها از ناقلین مهم ویروس‌های گیاهی می‌باشند (Brown *et al.* 1995, Gray&Rochon 1999, Pirone & Blanc 1996). اصطلاح ناقل‌های خاک‌برد با مطالعه قارچ *Olpidium brassicae* (Wor.) Dang که ناقل ویروس رگ درشتی کاهو (*Lettuce big- vein virus*) است به وجود آمده است (Grogan *et al.* 1958) تا کنون ۳۰ ویروس خاک‌برد گزارش شده که توسط ۵ گونه ناقل قارچی و شبه قارچی منتقل می‌شوند. مهمترین این گونه‌ها شامل دو قارچ از رده *Chytridiomycetes* به اسامی *O. boronovanus* (Wor.) Dang ، *Olpidium brassicae* (Wor.) Dang و دو شبه‌قارچ از رده *Plasmodiophoromycetes* به اسامی *Polymyxa graminis* Ledingham و *P.betae* Keskin می‌باشند. همه این ریزجانداران انگل اجباری ریشه گیاهان هستند(Dick 2001).

* مسئول مکاتبه، پست الکترونیک: ahosseini@birjand.ac.ir

۱- قارچ‌های ناقل ویروس‌های گیاهی

دو قارچ *O. brassicae* و *O. bornovanus* که ناقل ویروس‌های گیاهی هستند توسط تاژک تکی که در قسمت عقبی زئوسپورها قرار دارد با ویژگی الگوی شنای نامنظم شناسایی می‌شوند. هر ۲ گونه انگل اجباری ریشه گیاهان هستند و مراحل رشد و نمو مشابهی دارند. آن‌ها از یک فصل تا فصل دیگر با هاگ‌های استراحتی در بقایای گیاهی باقی مانده و سپس با تولید زئوسپور میزبان را آلوده می‌کنند. آن‌ها درون یاخته ریشه گیاه میزبان مستقر می‌شوند. این قارچ‌ها هولوکارپیک هستند یعنی تمام تال آن‌ها تبدیل به اسپورانژیوم یا هاگ استراحتی (خفته) می‌شود. زئوسپورهای *O. bornovanus* و *O. brassicae* یک تاژک شلاقی در ناحیه‌ی عقبی دارند و زئوسپور *O. bornovanus* بیضی شکل و به اندازه در حدود ۴/۵ در ۸ میکرومتر است، در حالی که زئوسپور *O. brassicae* تقریباً کروی به اندازه ۳/۳ در ۵/۵ میکرومتر است. زئوسپورهای *O. bornovanus*، تاژک بلندتر و زئواسپرانژیوم بزرگ‌تری دارند و هاگ‌های خفته با سطحی هموار دارند (Campbel 1996, Braselton 1995). فهرست ویروس‌هایی که توسط گونه‌های *Olpidium* منتقل می‌شوند در جدول ۱ آمده است.

۱-۱-رابطه‌ی ناقل با ویروس

زئوسپورهای متحرک قارچ، پیکره ویروس‌ها را در سطح ریشه گیاهان دریافت و سپس آن‌ها را به درون سیتوپلاسم سلول‌های ریشه آزاد می‌نماید ویروس‌ها با دو روش توسط زئوسپورها کسب می‌شوند. یکی از این روش‌ها، اکتساب در بیرون ریشه (in vitro) است که در آن ویروس توسط زئوسپورها در محیط خاکی یا آبی خارج از ریشه گیاه، کسب می‌شود. در این شرایط ویروس در هاگ‌های استراحتی وجود ندارد. روش دیگر، اکتساب درون بافت است (in vivo) که در آن ویروس توسط زئوسپور درون سلول‌های ریشه، کسب می‌شود. ویروس‌هایی که در بیرون ریشه کسب می‌شوند، جذب سطح زئوسپور می‌گردند و یک گیرنده گلیکوپروتیینی روی پوشش کربوهیدراتی زئوسپور مسئول این جذب می‌باشد(Rochon 2007) . چگونگی نفوذ زئوسپور *Olpidium* sp. به درون سلول ریشه گیاه در شکل یک نشان داده شده است.

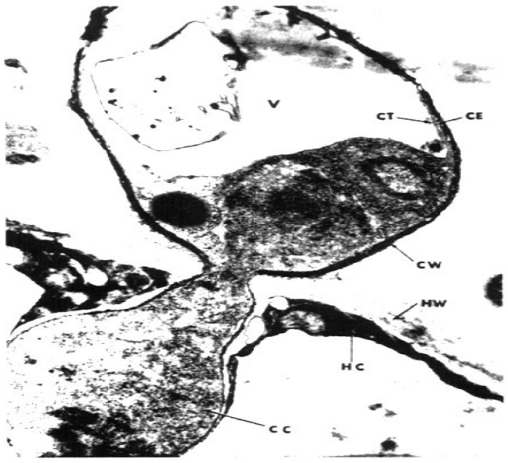
۱-۲-چرخه‌ی زندگی *Olpidium* sp.

بیشتر اطلاعاتی که امروزه در مورد چرخه‌ی زندگی این قارچ‌ها وجود دارد برگرفته از مطالعات اولیه‌ی

جدول ۱- فهرست ویروس‌هایی که توسط گونه‌های *Olpidium* انتقال می‌یابند(Kakani *et al.* 2001) .

ویروس	نام اختصاصی	جنس	ناقل قارچی	حالت اکتساب
Tombusvindae				
Cucumber necrosis virus	CNV	Tombusvirus	*O.bomovanus*	In vitro
Cucumber leaf spot virus	CLSV	Aureusvirus	*O.bomovanus*	In vitro
Cucumber soilbome virus	CSBV	Carmovirus	*O.bomovanus*	In vitro
Melon necrotic spot virus	MNSV	Carmovirus	*O.bomovanus*	In vitro
Squash necrosis virus	SqNV	Carmovirus	*O.bomovanus*	In vitro
Red clover necrotic mosaic virus	RCNMV	Dianthovirus	*O.bomovanus*	In vitro
Chenopodium necrosis virus	ChNV	Necrovirus	*O.brassicae*	In vitro
Lisianthus necrosis virus	LNV	Necrovirus	*O.brassicae*	In vitro
Tobacco necrosis virus- A	TNV-A	Necrovirus	*O.brassicae*	In vitro
Tobacco necrosis virus-D	TNV-D	Necrovirus	*O.brassicae*	In vitro
Viruses in unassigned families				
Mirafiori lettuce virus	MiLV	Ophiovirus	*O.brassicae*	In vivo
Tulip mild mottle mosaic virus	TMMMV	Ophiovirus	*O.brassicae*	In vivo
Freesia leaf necrosis virus	FLNV	Varicosavirus	*O.brassicae*	In vivo
Lettuce big vein virus	LBVV	Varicosavirus	*O.brassicae*	In vivo
Lettuce ring necrosis virus	LRNV	Varicosavirus	*O.brassicae*	In vivo
Tobacco stunt virus	TSV	Varicosavirus	*O.brassicae*	In vivo

Temmink در سال ۱۹۷۱ است (Temmink 1971). در اولین مرحله پوشش دار شدن زئوسپور، تاژک به داخل بدن زئوسپور کشیده می‌شود که متشکل از آکسونوم با یک غلاف می‌باشد. در محل نفوذ قارچ به سلول میزبان یک پاپیل با اندازه‌های متفاوت ایجاد که توسط سلول میزبان در پاسخ به عفونت قارچی ایجاد می‌گردد. در محل اتصال پاپیل به



شکل ۱- آلودگی سلول‌های ریشه با .*Olpidium* sp با میکروگراف الکترونی نشان داده که محتوای زئوسپور به درون سلول میزبان وارد می‌شود. CC: سیتوپلاسم سیست، HC: سیتوپلاسم میزبان، HW: دیواره میزبان، CW: دیواره سیست، CE: سیست اکتوپلاست، CT: سیست تونوپلاست، V: واکوئول (Mathews 2014)

سلول میزبان منفذی پدیدار می‌گردد و پروتوپلاسم سیست از طریق منفذ ایجاد شده در غشای پلاسمایی سلول میزبان، وارد سیتوپلاسم می‌شود و بنابراین سیتوپلاسم سیست در اتصال با یک پلاسمالمای به‌تازگی شکل گرفته، به داخل سلول میزبان آزاد می‌شود. بعد از یک تا دو روز ریسه‌ها رشد می‌کنند و از سیتوپلاسم میزبان تنها با یک غشای نازک جدا می‌شوند. در مرحله بعد، ریسه‌ها زئوسپورانژیوم چند هسته‌ای ایجاد می‌کنند. وزیکول‌ها یک روز بعد شکل می‌گیرند و سپس هر یک از زئوسپورهای زئواسپورانژیوم شکل می‌گیرند. همراه با تشکیل زئواسپورانژیوم بالغ، یک لوله‌ی خروجی در زئواسپورانژیوم تشکیل می‌شود که از آن زئوسپورهای بالغ در تماس بعدی با آب، خارج می‌شوند (Sign *et al*. 2008).

۱-۳- نقش پوشش پروتیینی ویروس در انتقال

در حال حاضر سیزده ویروس به عنوان اعضای جنس *Tombusivrus* شناخته شده‌اند. ویروس CNV عضوی از جنس *Tombusvirus* است که ویروس کروی با ژنوم RNA مثبت تک بخشی می‌باشد. این ویروس به طور طبیعی در خاک توسط زئوسپورهای ناقل قارچی *Olpidium bornovanus* منتقل می‌شود. ویروس، جذب غشای پلاسمایی زئوسپورها می‌شود و سپس به وسیله زئوسپور وارد ریشه‌ها می‌گردد(Kakkani *et al*. 2001) . تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که پوشش پروتیینی ویروس، محتوی دریافت کننده‌هایی برای واکنش متقابل با زئوسپورهای

O.bornovanus است (McLean *et al*. 1994) به طوری‌که یک موتاسیون در اسید آمینه پوشش پروتیینی CNV منتج به کاهش کارآیی انتقال CNV توسط *O.bornovanus* می‌شود. در تحقیقات اثبات شده است که این زئوسپورها با پوشش پروتیینی تغییر یافته، کارایی کمتری در انتقال CNV دارند. این مساله بیانگر وجود مناطق ویژه‌ای در پروتیین پوششی CNV موجود است که ظاهراً در جذب سطحی آن توسط زئوسپورهای قارچ نقش مهمی دارد (Singh *et al*. 2008).

۱-۴- انتقال in vitro

بررسی روش انتقال ویروس‌های چند وجهی که همگی به جز ویروس ماهواره‌ای بافت مردگی تنباکو، عضو خانواده *Tombusviridae* می‌باشند، با دو گونه *Olpidium*، در شرایط خارج از ریشه میزبان یا in vitro انجام می‌گیرد(Murphy *et al*. 1995) . این مکانیسم انتقال اول بار از مقایسه روش انتقال دو ویروس نکروز توتون و ویروس رگ درشتی کاهو و ارتباط آن با ناقل قارچی به دست آمد (Campbel, 1996). اکتساب in vitro زمانی آغاز می‌شود که زئوسپورهای عاری از ویروس از اسپورهای استراحتی یا از اسپورانژیوم های در حال جوانه زدن، با پیکره ویروسی در آب مواجه می‌شوند. پیکره ویروس، محکم و به طور اختصاصی جذب غشاءهای زئوسپور می‌شوند (Stobbs *et al*, 1982) . بنابراین در این فرآیند جذب، گیرنده‌های غشای زئوسپور و پوشش پروتئینی ویروس مشارکت دارند، به طوریکه تنها ویروس‌های بافت مردگی خیار که پوشش دار شده‌اند توانایی انتقال با ناقل قارچی را دارند. زیرواحد های پوشش پروتئینی در ویروس بافت مردگی خیار با استفاده از مدل سازی بدست آمده‌اند. زیرواحد پوشش پروتئینی در سه منطقه مجزا تا می خوردکه شامل یک منطقه پیوند یا اتصال به RNA (R) و در بخش جلوی ذره می‌باشد، منطقه پوسته (S) که ستون اصلی ذره را تشکیل می‌دهد و نهایتاً منطقه برآمده (P) که به‌طرف خارج از ذره بیرون‌زده است. احتمال می‌رود نواحی بر آمده بر روی پوشش پروتئینی ویروس موزاییک بافت مردگیخیار به طور ویژه با گیرنده‌های روی غشاء پلاسمای زئوسپور واکنش نشان بدهد. این نوع اکتساب in vitro که در خارج از سلول‌های زنده رخ می‌دهد در میان ویروس‌های گیاهی، منحصر به فرد است و بنابراین اپیدمیولوژی این ویروس‌ها غیرمعمول می‌باشد. ویروس‌های موجود در خاک در فصل زراعی از ریشه‌های آلوده و همچنین از هر بافت گیاهی آلوده شده بعد از برداشت محصول نیز سرچشمه می‌گیرند (Singh *et al*. 2008).

۱-۵- انتقال in vivo

اعتقاد بر این است که در اکتساب درون بافت یا (in vivo) زمانیکه زئوسپورها از اسپورهای استراحتی جوانه می‌زند یا از اسپورانژیوم ایجاد می‌شود، ویروس‌ها در داخل زئوسپورها حضور دارند. همچنین روشی که بوسیله آن ویروس بدنبال تزریق پرتوپلاست وارد سیتوپلاسم سلولی ریشه می‌شود، ناشناخته است. این مدل مبتنی بر ترکیب ویروس و ناقل است که برای *O.brassicae*-LBVV، ویروس موزاییک خاک‌برد غلات و ویروس موزاییک خفیف جو آزمایش شده است. زمانی‌که قارچ در درون سلول‌های گیاه میزبان آلوده به ویروس رشد می‌کند، ویروس را کسب می‌نماید و این فرایند در اولین مراحل رشد رویشی قارچ اتفاق می‌افتد. البته مراحل کسب پیکره ویروس و انتقال آن ناشناخته است (Rochon 2009).

۲- شبه‌قارچ‌های Plasmodiophorid

امروزه در حدود ۲۰ ویروس شناسایی شده است که توسط پلاسمودیوفوریدها انتقال می‌یابند. این ویروس‌ها یا به جنس بیموویروس در خانواده پتی‌ویریده یا به یکی از چهار جنس بنی، فورو، پکلو و پوموویروس تعلق دارند. به استثنای ویروس لکه زرد شاهی که پیکره ۲۰ وجهی دارد، ویروس‌های انتقال یافته توسط پلاسمودیوفوریدها، پیکره‌های رشته‌ای یا میله‌ای شکل دارند که از یک زیرواحد پروتیین پوششی تکراری و ژنوم‌های RNA تک رشته‌ای، با قطبیت مثبت و چند جزئی تشکیل یافته‌اند (Van Regenmortel *et al*. 2000). *Polymyxa graminis* Ledingham همه‌ی بیمو، فورو و پکلوویروس‌ها و همچنین بعضی بنی‌ویروس‌ها را انتقال می‌دهد. ویروس‌های منتقل شونده توسط این شبه‌قارچ در جدول ۲، آورده شده است. *Polymyxa betae* Keskin بعضی بنی‌ویروس‌ها مانند ویروس زردی نکروتیک رگبرگ‌های چغندرقند (Beet Necrotic Yellow Veins Virus= BNYVV)، عامل بیماری مهم ریزومانیای چغندرقند، بیموویروس‌های باقیمانده و دو پوموویروس و ویروس دم جارویی سیب‌زمینی را منتقل می‌کند. اعتقاد بر این است که همه‌ی ویروس‌های انتقال یافته توسط این شبه‌قارچ‌ها، در محیط این ویوو کسب می‌شوند (Kanyuka *et al*. 2003).

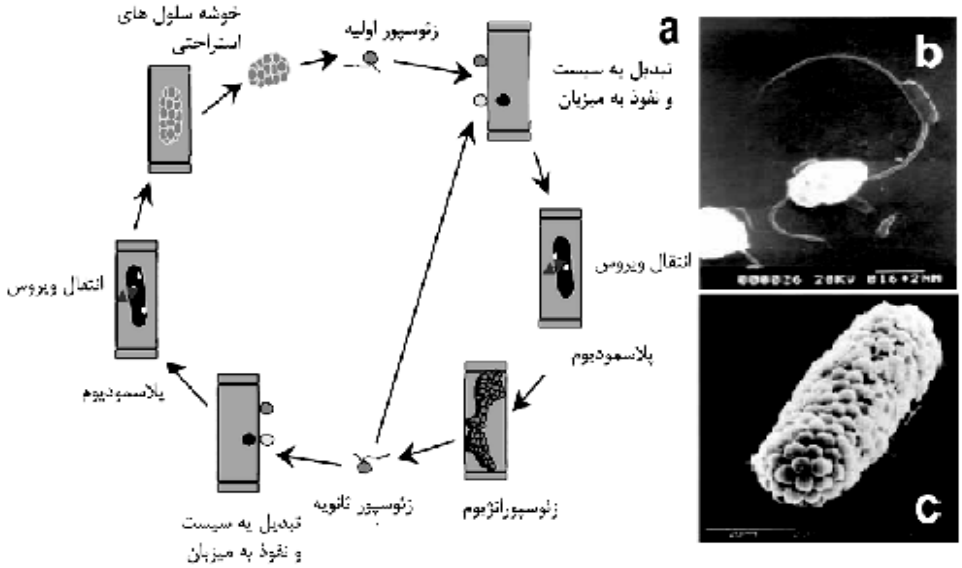
۲-۱- چرخه‌ی زندگی *P. graminis*

این شبه‌قارچ یک انگل اجباری است که چندین سال به صورت کیسه اسپور دارای دیواره ضخیم و زنجیروار

جدول ۲- ویروس‌های غلات که توسط *Polymyxa graminis* منتقل می‌شوند (Kanyuka *et al*. 2003).

ویروس	نام اختصاری	جنس	میزبان طبیعی	پراکنش
ویروس بافت مردگی نواری برنج	RSNV	Benyvirus	برنج	غرب آفریقا، جنوب و مرکز آمریکا
ویروس موزاییک خفیف جو	BaMMV	Bymovirus	جو	اروپا، ژاپن، چین، کره
وروس موزاییک زرد جو	BaYMV	Bymovirus	جو	اروپا، ژاپن، چین، کره
ویروس موزاییک جو دوسر	OMV	Bymovirus	جو دوسر	اروپا، ایالات متحده
ویروس موزائیک بافت مردگی برنج	RNMV	Bymovirus	برنج	ژاپن، هنوستان
ویروس موزاییک رگه‌ای دوکی گندم	WSSMV	Bymovirus	گندم، چاودار،	آمریکای شمالی، اروپا
ویروس موزاییک زرد گندم	WYMV	Bymovirus	گندم	چین، ژاپن
ویروس موزاییک گندم چینی	CWMV	Furovirus	گندم	چین
ویروس رگه طلایی جودوسر (یولاف)	OGSV	Furovirus	جودوسر	اروپا، ایالات متحده
ویروس موزاییک خاک برد غلات	SBCMV	Furovirus	گندم، چاودار، چاودم	اروپا
ویروس موزاییک خاک‌برد گندم	SBWMV	Furovirus	گندم، جو، چاودار، چاودم	آمریکای شمالی؟ هر جای دیگر
ویروس لکه کروتیک سورگوم	SrCSV	Furovirus	سورگوم	ایالات متحده
ویروس بوته لکه‌ای بادام زمینی	PCV	Pecluvirus	بادام زمینی، سورگوم	هندوستان، غرب آفریقا
ویروس موزاییک گندم آیوبین	AWMV	؟	گندم	فرانسه و بریتانیا

در خاک باقی می‌ماند (Drisel *et al*. 2004) . در حضور میزبان مناسب و رطوبت بالا جوانه زده و زئوسپورهای اولیه خارج می‌شوند. این زئوسپورها حامل ویروس هستند. زئوسپور در تماس با ریشه به صورت سیست درآمده و محتویات آن در سیتوپلاسم سلول میزبان وارد می‌شود. جذب ویروس به زئوسپورها اختصاصی است یعنی مکان‌های تخصصی برای تماس ویروس و دریافت کننده اختصاصی بین ویروس و شبه‌قارچ وجود دارد. هم‌زمان با ورود، محتویات زئوسپور در سلول، ویروس نیز وارد می‌شود. ویروس‌های قابل انتقال با این شبه‌قارچ در کل دوره زندگی آن حضور دارند(شکل۲).



شکل ۲- a- چرخه‌ی زندگی *Polymyxa graminis* ، b- زئوسپور دو تاژکی، c- یک Sporosorus (Williams 1993).

نتیجه

سی ویروس خاک‌برد توسط ۵ ناقل قارچی و شبه‌قارچی منتقل می‌شوند. تمامی این ریزجانداران انگل‌های اجباری ریشه می‌باشند و دارای دو سازوکار دریافت ویروس توسط زئوسپورها به صورت دریافت در بیرون ریشه در خاک و یا دریافت درون ریشه می‌باشند. ویروس‌ها در زئوسپور یا هاگ‌های خفته تا چندین سال باقی می‌مانند، در نتیجه مبارزه با این ویروس‌های بیمارگر گیاهان مشکل است.

منابع **References**

1. Brown D.J.F., Robertson W.M. & Trudgill D. 1995. Transmission of viruses by plant nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 33:223–249.
2. Braselton J.P. 1995. Current status of the plasmodiophorids. *Critical Review of Microbiology* 21:263–275.
3. Bulman S.R., Kühn S.F., Marshall J.W. & Schnepf E. 2001. A phylogenetic analysis of the SSU rRNA from members of the Plasmodiophora and Phagomyxida. *Protista* 152:43–51.
4. Campbel R.N. 1996. Fungal transmission of plant viruses. *Annual Review of Phytopathology* 34:87–108.

5. Dick M.W.2001. Straminopilous fungi: systematics of the peronsoporomycetes including accounts of the marine of novel filamentous morphology. *Journal of General Virology* 75:3585–3590.
6. Driskel B., Hunger R.M., Payton M.E. & Verchot-Lubicz J. 2002. Response of hard red winter wheat to soil-borne wheat mosaic virus using novel inoculation methods. *Phytopathology* 92: 347–354.
7. Driske B. & Verchot-Lubicz J. 2003. Interactions between *Soil-borne wheat mosaic virus* and its vector *Polymyxa graminis* may involve the viral movement protein. Am Soc Virol 22nd Annual Meeting of University of California, Davis (Abstract).
8. Driskel B.A., Doss P., Littlefield L.J., Walker N.R. & Verchot-Lubicz J. 2004. *Soilborne wheat mosaic virus* movement protein and RNA and *Wheat spindle streak mosaic virus* coat protein accumulate inside resting spores of their vector *Polymyxa graminis*. *Molecular plant-microbe interaction* 17:739-748.
9. Grogan R.G., Zink F.W., Hewitt W.B. & Kimble K.A. 1958. The association of *Olpidium* with the bigvein disease of lettuce. *Phytopathology* 48:292–296.
10. Gray S.M. & Rochon D.M. 1999. Vectors of plant viruses. pp: 1899–1910. *In*: A. Granoff R. Webster (ed.). Encyclopedia of virology, vol 1. Academic, London,
11. Kakani K., Sgro J.Y.& Rochon D. 2001.Identification of *Cucumber necrosis virus* coat protein amino acids affecting fungus transmission and zoospore attachment. *Journal of Virology* 75:5576–83.
12. Kanyuka K, Ward. E. & Adams. M. 2003. *Polymyxa graminis* and the cereal viruses it transmits: a research challenge. *Molecular plant pathology* 4(5): 393–406
13. McLean M.A., Campbell R.N., Hamilton R.I. & Rochon D.M.1994.Involvement of the *Cucumber necrosis virus* coat protein in the specificity of fungus transmission by *Olpidium bornovanus*. *Virology* 204:840–842.
14. Murphy F.A., Fauquet C.M., Bishop D.H.L., Ghabrial S.A.& Jarvis A.W. 1995. Virus taxonomy classification and nomenclature of viruses. *Archives of Virology* Suppl. 10.
15. Maier I., Parodi E., Westermeier R. &Muller D.G. 2000.Maullinia ectocarpii gen. et sp nov (Plasmodiophorea), an intracellular parasite in Ectocarpus siliculosus (Ectocarpales, Phaeophyceae) and other filamentous brown algae. *Protista* 151:225–238.
16. Matthews R.E.F. 2014. Plant Virology, 6th. Academic Press, London.
17. Pirone T.P. & Blanc S. 1996. Helper dependent vector transmission of plant viruses. *Annual Review of Phytopathology* 34:227–247.

18. Reavy G., Arif M., Cowan G.H.& Torrance L. 1998. Association of sequences in the coat protein/readthrough domain of *Potato mop-top virus* with transmission by *Spongosopora subterannea. Journal of General Virology* 79:2343–47.
19. Rochon D., Kakani K., Robbins M. & Reader R. 2004. Molecular aspects of plant virus transmission by olpidium and plasmodiophoroid vectors. *Annual Review of Phytopathology* 42:211–241.
20. Rochon D. 2007. Molecular insights into plantvi rus-vector interactions. *In:* Biotechnology and Plant Disease Management. Z.K. Punja S. DeBoer & H. Sanfac (ed.). CAB International, Wallingford, U.K.
21. Rochon D. 2009. Fungal transmission of plant viruses. Current protocle of microbiology 4:1-16
22. Singh D., Verma N. & Varma A. 2008. The Fungal Transmitted Viruses. Mucorrhiza. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 486-506
23. Stobbs L.W., Cross G.W. & Manocha M.S.1982. Specificity and methods of transmission of cucumber necrosis virus by Olpidium radicale zoospores. *Canadian Journal of Plant Pathology* 4:134-142.
24. Tamada T., Schmitt C., Saito M., Guilley H., Richards K.& Jonard G. 1996. High resolution analysis of the readthrough domain of *Beet necrotic yellow vein virus* readthrough protein:AKTERmotif is important for efficient transmission of the virus by *Polymyxa betae*. *Journal of General Virology* 77:1359–67.
25. Tamada. T. & Kondo. H. 2013. Biological and genetic diversity of plasmodiophorid-transmitted viruses and their vectors. *Journal of General Plant Pathology* 3:1-14.
26. Temnik JHM. 1971. An ultrastructural study of *Olpidyum brassicae* and it's transmission of Tobacco necrosis virus. *Journal of General Virology* 71:1-135.
27. Van Regenmortel M.H.V. Fauquet C.M., Bishop D.H.L., Carstens E.B.& Estes M.K. 2000. *Virus Taxonomy-Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. New York: Academic. 1162 p.
28. Williams P.H. 1993. Penetration and infection of cabbage roots by *Plasmodiophora brassicae*. *Shokubutsu Byogai Kenkyu, Kyoto* 8:133–146.

Fungi and Fungal-like Organisms Vectors of Plant Viruses

SAMANEH FULADVAND & SEYEDEH ATEFEH HOSSEINI *
M.Sc. Student and Assistant Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
(* Corresponding author, E. mail: ahosseini@birjand.ac.ir)

Received: 2014.12.05 Accepted: 2015.09.06

Fuladvand S. & Hosseini S.A. 2015. Fungi and fungal-like organisms vectors of plant viruses. *Plant Pathology Science* 4(2):53-63.

Abstract

The fungi *Olpidium brassica* and *O. boronovanus* , and two fungal-like species, *Polymyxa beta* and *P. graminis*, are known as important vectors of plant viruses. All of these microorganisms are obligate parasite of root and transmit the viruses belong to at least 12 genera and four families of plant viruses. In this paper, these vectors and their life cycle, transmitted viruses, methods of the acquiring and transmission of them are described.

Key words: Soil-borne, *Polymyxa* , *Olpidium*, Virus