



مقاله پژوهشی

اطلاعات جدید پیرامون شبه‌قارچ‌های مولد زنگ سفید گیاهان در ایران*

محمد رضا میرزائی^{۱*}، ناصر پنجه‌که^۲، محمد سالاری^۳، رسول زارع^۴، مهدی پیرنیا^۵ و شیراحمد سارانی^۶

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۵)

چکیده

بیمارگرهای عامل بیماری زنگ سفید گیاهان (*Albuginales, Oomycota*) شامل سه جنس *Wilsoniana* و *Pustula Albugo* هستند که روی میزبان‌های تیره *Brassicaceae*، راسته *Caryophyllales* و زیر رده *Asteridae* بیماری‌زا می‌باشند. این تحقیق با هدف ارائه اطلاعات جدید از راسته *Albuginales* در ایران انجام شد. برای نمونه‌برداری از زنگ سفید گیاهان، بازدیدهایی از برخی مناطق شمالی و شرقی ایران در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۹ صورت گرفت. بر اساس صفات ریخت‌شناسی و داده‌های مولکولی مبتنی بر ژن‌های *ITS* و *Cox2* گونه‌های *Albugo lepidii* روی *Lepidium sativum*، *A. koreana* روی *Camelina transcaspica*، *Albugo arenosa* از *Strigosella africana* و *A. candida* روی میزبان‌های متعدد، *A. occidentalis* از اسفناج و *Wilsoniana portulacae* روی *Portulaca sp.* شناسایی شدند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، وقوع گونه *A. candida* روی میزبان‌های *Eruca sativa*، *Raphanus sativus* و *Goldbachia laevigata* از ایران و روی میزبان‌های *Sinapis arvensis*، *Savignya parviflora*، *Isatis leuconeura* و *Sisymbrium altissimum* برای دنیا بر اساس ریخت‌شناسی و داده‌های مولکولی تایید و گونه *Sisymbrium septulatum* نیز به عنوان میزبان جدید برای آن گزارش می‌شود. همچنین بیماری زنگ سفید با عامل *A. candida* به عنوان اولین بیماری روی جنس *Savignya* از ایران گزارش می‌شود. آرایه‌های *Albugo lepidii* و *A. koreana* برای میکوبیوتای ایران جدید می‌باشند. توصیف کامل همراه با تصاویر و موقعیت فیلوژنتیکی برای دو گونه *Wilsoniana portulacae* و *Albugo occidentalis* ارائه می‌گردد.

کلیدواژه: *Albuginales*، ریخت‌شناسی، فیلوژنی

* مقاله مستخرج از پایان نامه دکترای تخصصی به راهنمایی آقایان دکتر ناصر پنجه‌که و محمد سالاری

** مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mirzaee_mrz@yahoo.com

۱. دانشجوی دکترای بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران.
۲. دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳. دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۴. استاد پژوهش، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۵. دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۶. استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.



Research Article

Additions to the knowledge of order Albuginales in Iran

M.R. Mirzaee^{1*}, N. Panjehkeh², M. Salari³, R. Zare⁴, M. Pirnia⁵, and S.A. Sarani⁶

(Received: 4.6.2021; Accepted: 27.7.2021)

Abstract

Pathogens causing white blister rusts (Albuginales, Oomycota) comprise three genera namely *Albugo*, *Pustula* and *Wilsoniana*, infecting species of Brassicaceae, Caryophyllales and Asteridae, respectively. The current study contributes with new information on order Albuginales in Iran. An extensive survey for sampling white blister rust specimens was performed during the 2017-2020 growing seasons in some regions in Eastern and Northern Iran. Based on morphological and molecular (Cox2 and ITS) data *Albugo lepidii* on *Lepidium sativum*, *A. koreana* on *Camelina transcaspica*, *Albugo arenosa* on *Strigosella africana*, *A. candida* on various hosts, *A. occidentalis* on spinach and *Wilsoniana portulacae* on *Portulaca* sp. were identified. Our results, represent the first morphologically and molecularly verified report of *A. candida* on *Goldbachia laevigata*, *Raphanus sativus*, *Eruca sativa* from Iran and on *Sinapis arvensis*, *Savignya parviflora*, *Isatis leuconeura* and *Sisymbrium altissimum* worldwide. *Sisymbrium septulatum* is reported as a new host for *A. candida*. White blister rust caused by *A. candida* is reported for the first time on a member of the genus *Savignya* in Iran. *Albugo lepidii* and *A. koreana* are new records for Iranian mycobiota. Detailed descriptions and illustrations along with phylogenetic placement are provided for *Wilsoniana portulacae* and *Albugo occidentalis*.

Keywords: Albuginales, morphology, phylogeny

* Corresponding author's E-mail: Mirzaee_mrz@yahoo.com

1. PhD student of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Associate Professor for Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3. Associate Professor for Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
4. Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
5. Associate Professor for Plant pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
6. Assistant Professor for Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

مقدمه

A. (Thines et al. 2009) *A. laibachii*، (et al. 2008 Ploch et al.) *A. leimonios* *A. hesleri* *Johenheimia* (2010) *A. rorippae* و (Choi et al. 2011a) از این جنس روی این میزبان‌ها توصیف شده‌اند. تنوع گونه‌ای جنس *Albugo* روی میزبان‌های تیره شب بوئیان هنوز ناشناخته مانده است. بر اساس اطلاعات مولکولی حاصل از توالی‌یابی ژن‌های ITS و/یا Cox2، احتمالاً هر جنس از این تیره گیاهی توسط بیش از یک گونه از *Albugo* آلوده می‌شود. روی گونه‌هایی از جنس *Cardamine* سه گونه *A. leimonios* *A. hesleri* و *A. hohenheimia* در کنار گونه معمول *A. candida* توصیف و تایید شده‌اند (Ploch et al. 2010). روی گونه‌های جنس *Alyssum* حداقل چهار گونه اختصاصی توصیف نشده وجود دارد (مکاتبات شخصی، Marco Thines).

اعضای جنس *Pustula* بیمارگرهای اختصاصی تیره Asteraceae بوده، برخی گونه‌ها میزبان‌هایی از Araliaceae، Gentianaceae و Goodeniaceae را نیز آلوده می‌کنند (Xu et al. 2016). بر اساس مطالعات فیلوژنتیکی مبتنی بر توالی‌یابی بخشی از ژن Cox2، تیره Asteraceae توسط چندین گروه ژنتیکی متمایز و توصیف نشده آلوده می‌شوند (Ploch et al. 2011). اخیراً از ایران، گونه *Pustula obtusata* روی میزبان *Tragopogon graminifolius* گزارش شده و *P. persica* نیز روی *Gymnarrhena micrantha* به عنوان گونه‌ای جدید توصیف شده است (Mirzaee et al. 2021).

جنس *Wilsoniana* میزبان‌هایی از Caryophyllales را آلوده می‌کند. تاکنون گونه‌های مرکب *W. achyranthis*، *W. bliti*، *W. platensis* و *W. portulacae* و *W. amaranthi* برای این جنس پیشنهاد شده است (Thines et al. 2007, Choi et al. 2007, & Spring 2005).

ارگانسیم‌های قارچ مانند عوامل بیماری زنگ سفید گیاهان، متعلق به راسته Albuginales، به جز قاره جنوبگان در تمام نواحی دنیا یافت می‌شوند و تنها روی گیاهان گلدار بیماری ایجاد می‌کنند (Thines 2010). اعضای این راسته دامنه میزبانی وسیعی در نهادانگان دولپه‌ای داشته، در حالی که روی گیاهان تک لپه تنها گونه *Albugo macalpineana* J. Walker & Priest روی میزبانی از جنس *Pterostylis* می‌شود (Walker & Priest 2007, Ploch et al. 2018). تا قبل از کاربرد روش‌های مولکولی، تمام گونه‌های عامل بیماری زنگ سفید گیاهان مشتمل بر حدود ۵۰ گونه، در جنس *Albugo* قرار داشتند (Vrandecic et al. 2011). ولی از سال ۲۰۰۵، بر اساس داده‌های حاصل از تجزیه و تحلیل فیلوژنتیکی و بررسی‌های ریخت‌شناسی اسپورانژیوم و الگوی سطوح اسپور، اعضای این راسته در سه جنس متمایز شامل *Pustula Albugo* و *Wilsoniana* قرار گرفتند (Thines & Spring 2005, Thines 2010, Voglmayr & Riethmüller 2006, Thines & Voglmayr 2009). به جز آرایه *Albugo mauginii* که روی میزبان‌هایی از Fabales بیماری‌زا است، دامنه میزبانی سایر گونه‌های این جنس محدود به Brassicales می‌باشد (Choi et al. 2011b). تا قبل از بازنگری رده‌بندی عوامل بیماری زنگ سفید توسط تینس و اسپرینگ (Thines & Spring 2005)، تصور می‌شد عامل این بیماری روی میزبان‌های تیره شب بوئیان (Brassicaceae) فقط گونه *A. candida* می‌باشد، ولی بر اساس مطالعات اخیر مبتنی بر تجزیه داده‌های مولکولی و تزئینات سطح اسپور چندین گونه میزبان اختصاصی شامل *A. koreana* (Choi et al. 2007)، *A. voglmayrii* (Choi et al. 2007) و *A. voglmayrii* (Choi et al. 2007).

پولادی و همکاران (Poladi et al. 2017b)، گونه A. *candida* را از میزبان‌های خاکشیر، تربچه، شاهی، شلغم و *occidentalis* A. روی اسفناج و *Wilsoniana* *portulacae* روی خرفه از خوزستان بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی در خلاصه مقالات سومین کنگره قارچ‌شناسی ایران گزارش کرده‌اند. گونه *Albugo occidentalis* روی اسفناج (*Spinacea oleracea* L.) از ایران توسط ابراهیمی و افزلی (Ebrahimi & Afzali 2000) بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی گزارش شده است، گرچه صفات اسپورانژ اولیه و ثانویه تشریح نشده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها و بررسی‌های میکروسکوپی

طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۹، جهت مطالعه شبه قارچ‌های عامل بیماری زنگ سفید، نمونه‌برداری از میزبان‌های دارای علائم بارز بیماری (شکل ۱) از مناطقی در شمال و شرق ایران انجام شد.

جهت بررسی‌های میکروسکوپی اندام‌های مختلف بیمارگرهای بیماری زنگ سفید در مطالعه حاضر، برش‌های نازکی از بافت‌های میزبان دارای جوش به کمک تیغ سترون به روش دستی تهیه شد و پس از خرد کردن، روی لام میکروسکوپی با محلول اسید لاکتیک - گلیسرین بررسی شدند. اندازه اندام‌های مختلف نمونه‌های شبه قارچی از جمله طول و عرض هیف اسپورانژی، اسپورانژیوم‌های اولیه و ثانویه، طول و عرض اگونیوم و اسپور (در صورت تشکیل) تعیین شد. به منظور تعیین اندازه ساختارهای مورد نظر، در هر اسلاید به تعداد ۵۰-۳۰ مورد بررسی و اندازه‌گیری شد. ابعاد اندازه‌گیری

گروه متمایز فیلوژنتیکی که در برخی صفات مانند مکانیسم زادآوری با اعضا جنس‌های *Pustula* و *Wilsoniana* شباهت دارد، روی میزبان‌هایی از *Caryophyllales* باعث بیماری زنگ سفید می‌شود. این گروه هنوز به جنس *Albugo* اختصاص دارد و شامل نمونه‌های گونه *A. occidentalis* بیمارگر اسفناج، می‌شود (Thines & Spring 2005, Thines 2014, Voglmayr & Riethmüller 2006).

مطالعات محدودی در خصوص فیلوژنی شبه قارچ‌های عامل بیماری زنگ سفید وجود داشته و نمونه‌های زیادی از آن‌ها روی تیره‌های مختلف گیاهی هنوز بررسی نشده‌اند (Mirzaee et al. 2013, Thines 2014).

عامل زنگ سفید روی چند میزبان گیاهی از تیره شب بوئیان در ایران، تنها به عنوان گونه *A. candida* گزارش شده است. گونه‌های دیگری شامل *A. bliti*، *A. resedae*، *A. portulacae*، *A. occidentalis*، *ipomoeae* و *A. tragopogonis* نیز از سایر تیره‌های گیاهی بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی یا بیماری‌زائی روی تیره میزبان از ایران گزارش شده است (Ershad 2009). گونه *Erysimum crassicaule* به عنوان میزبان جدیدی برای گونه *A. candida* از ایران گزارش و بر اساس داده‌های مولکولی و ریخت‌شناسی اسپور تایید شده است (Mirzaee et al. 2009, Mirzaee et al. 2013). گونه جدید *A. arenosa* از ایران و اسپانیا روی *Strigosella africana* و از شرق ایران روی *Strigosella brevipes* بر اساس ترکیبی از داده‌های مبتنی بر خصوصیات سطوح اسپور و توالی‌یابی ژنهای ITS و Cox2 توصیف شده است (Mirzaee et al. 2013). گونه *A. candida* به عنوان عامل بیماری زنگ سفید روی *Strigosella africana* قبلاً از ایران گزارش شده است (Ershad 2009).



شکل ۱. علائم بیماری زنگ سفید روی میزبان‌های: a. *Erysimum crassicaule*, b. *Sisymbrium septulatum*, c. *Lepidium sativum*, d. *Portulaca* sp., e. *Savignya parviflora*, f. *Camelina transcaspica*

Fig 1. White blister rust symptoms on hosts: a. *Erysimum crassicaule*, b. *Sisymbrium septulatum*, c. *Lepidium sativum*, d. *Portulaca* sp., e. *Savignya parviflora*, f. *Camelina transcaspica*

توسط (Hirata & Takamatsu 1996) انجام شد. هر جوش شبه قارچ به میکروتیوب ۱/۵ میلی لیتری سترون حاوی ۲۰۰ میکرولیتر سوسپانسیون کلکس ۶ درصد منتقل شد. میکروتیوب‌ها به مدت حداقل ۶ ساعت در دمای ۵۶ درجه سلسیوس (درون انکوباتور) نگهداری شدند. سپس به مدت هفت دقیقه درون آب در حال جوشیدن قرار گرفته، پس از آن محتویات هر میکروتیوب به مدت پنج ثانیه توسط دستگاه ورتکس به آرامی یکنواخت شد. این مرحله بار دیگر تکرار شد. تمام محتویات درون میکروتیوب‌ها با سانتریفیوژ (اپندروف، آلمان) به مدت پنج دقیقه و ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه رسوب داده شدند. محلول لایه فوقانی محتوی DNA به میکروتیوب سترون دیگر منتقل و تا انجام آزمون واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) در دمای ۲۰ - درجه سلسیوس به مدت حداکثر سه ماه نگهداری شد.

تکثیر قطعات ITS ژن کد کننده DNA ریبوزومی شامل

شده به صورت اندازه میانگین‌ها و کسر و افزودن انحراف معیار از هر میانگین و حداقل و حداکثر اندازه‌ها (داخل پراتنز) برای هر نمونه گزارش شده است. عکس برداری از ساختارهای شبه قارچی با استفاده از سیستم - های DIC میکروسکوپ الیمپوس مدل BX51 انجام شد. نمونه‌های بررسی شده از مناطق مختلف ایران پس از بررسی و تعیین نام در هرباریوم وزارت جهاد کشاورزی (IRAN...F) ثبت و نگهداری می‌شوند (جدول ۱).

اصطلاحات ارائه شده برای اندام‌های آرایه‌های مولد زنگ سفید توسط کنستانتینسکو و تینس (Constantinescu & Thines 2006) در این مطالعه به کار گرفته شده است.

استخراج DNA ژنومی

استخراج DNA ژنومی با استفاده از Chelex بر اساس روش والش و همکاران (Walsh et al. 1991) اصلاح شده

جدول ۱. مشخصات گونه‌ها، نمونه‌ها و توالی‌های عامل زنگ سفید استفاده شده در مطالعه حاضر

Table 1. White blister rust species, specimens information and GenBank accession numbers for sequences obtained in this study

Species	Host	Herbarium number	Origin	GenBank accession no. cox2/ITS		
<i>Albugo arenosa</i>	<i>Strigosella brevipes</i>	FR0046021	Iran, Nehbandan	JN849501	JN849485	
	<i>Strigosella africana</i>	FR0046011	Spain	JN849488	JN849472	
	<i>S. africana</i>	FR0046019 ^T	Iran, Birjand	JN849492	-	
<i>Albugo candida</i>	<i>Raphanus sativus</i> ,	IRAN18012F	Iran, Mashhad	MW928684	-	
		SMK 10614	Korea	AY927059	AY929841	
	<i>Goldbachia laevigata</i>	SMK19419	Korea	AY913801	-	
		IRAN17933F	Iran, Asadieh	MW820925	MW845812	
		IRAN17963F	Iran, Birjand	MW820926	-	
		<i>Sinapis arvensis</i>	IRAN17991F	Iran, Gorgan	MW820923	MW830377
		<i>Sisymbrium septulatum</i>	IRAN17968F	Iran, Khosf	MW820928	MW836779
		<i>Savignya parviflora</i>	IRAN17970F	Iran, Sistan	MW820929	MW836778
		<i>Sisymbrium altissimum</i>	IRAN17985F	Iran, Yush	MW928686	MW925125
		<i>Arabis alpina</i>	BP 54584	Romania	GU292086	GU292130
	<i>Raphanus sativus</i>	SMK10614	Korea	AY927059	AY929841	
	<i>Raphanus sativus</i>	IRAN17941F	Iran, Neyshabur	MW820931	MW836754	
	<i>Brassica juncea</i>	SMK15570	Korea	AY927046	AY929826	
	<i>Isatis leuconeura</i>	IRAN18004F	Iran, Birjand	MW928685	MW845820	
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	HOH-HUH505	Germany	GU292089	GU292132	
		GLMF081434	?	KJ654156	-	
	<i>Capsella</i> sp.	-	USA	AY286229	-	
	<i>Eruca vesicaria</i>	G725	Montenegro	MH234579	-	
	<i>Sisymbrium luteum</i>	SMK19086	Korea	AY913808	AY929844	
	<i>Isatis emarginata</i>	FR0046090	Iran, Nehbandan	MF580756	MF580755	
	<i>Eruca sativa</i>	IRAN17980F	Iran, Chenaran	MW820927	MW845814	
	<i>Erophila verna</i>	BP74487	Romania	EU340140	-	
	<i>Eruca sativa</i>	BPI184870	Pakistan	DQ418514	DQ418503	
	<i>Erophila verna</i>	BP199990	Romania	KP684901	-	
	<i>Armoracia rusticana</i>	VPRI30454	Australia	GU292084	GU292126	
	<i>Rapistrum rugosum</i>	DAR 53178	Australia	GU292101	GU292141	
	<i>Erysimum crassicaule</i>	IRAN17928F	Iran, Ferdows	MW820924	-	
	<i>Rorippa palustris</i>	KRAMF-000130	Poland	HQ377364	HQ377371	
<i>Albugo koreana</i>	<i>Camelina sativa</i>	HMUT2527	China	MW147150	MW135444	
	<i>Camelina transcaspica</i>	IRAN17983F	Iran, Siahkal	MW820932	MW845815	
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	SMK13752	Korea	AY927048	AY929829	
	<i>bursa-pastoris</i>	SMK 21090	Korea	DQ643940	DQ643912	
		BPI 871286 ^T	Korea	AY927049	-	
<i>Albugo</i> sp.	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	BP 74486	Romania	GU292096	GU292137	
	<i>Alyssum caliacrae</i>	BPI199995	Romania	HQ377356	HQ377366	
	<i>Alyssum montanum</i>	KRAM-F-000149	Poland	HQ377357	-	
	<i>Barbarea vulgaris</i>	BPI184667	USA	HQ377358	HQ377367	
		BPI184670	Ireland	HQ377359	-	
	BPI748543	Germany	HQ377360	HQ377368		
	<i>Lepidium apetalum</i>	SMK13747	Korea	AY927054	-	
<i>Albugo leimonios</i>	<i>Cardamine pratensis</i>	G00110295	Switzerland	GU292123	GU292158	
	<i>Cardamine pratensis</i>	KR 12323	Germany	GU292124	GU292159	
<i>Albugo hohenheimia</i>	<i>Cardamine hirsuta</i>	DAR 30279	Tasmania	GU292115	GU292151	
		-	Germany	GU292119	-	

Table 1. Continued

Species	Host	Herbarium number	Origin	GenBank accession no. cox2/ITS	
<i>Albugo lepidii</i>	<i>Lepidium sativum</i>	H0H-HUH965	Germany	GU292105	GU292145
	<i>Lepidium sativum</i>	IRAN17938F	Iran, Neyshabur	MW820933	MW845816
	<i>Lepidium sativum</i>	KNUH260	Turkey	MK067066	MK067078
	<i>Lepidium sativum</i>	IRAN17964F	Iran, Tabas	MW820935	MW845817
	<i>Lepidium affine</i>	HMUT 4175	China	MG010813	MG010815
	<i>Lepidium affine</i>	HMUT2901	China	MG010812	MG010814
	<i>Lepidium</i> sp.	TN8622	USA	GU292120	-
	<i>Lepidium</i> sp.	BP74488	UK	FJ468366	-
	<i>Lepidium latifolium</i>	NV-Reno	Romania	KM085008	-
<i>Albugo occidentalis</i>	<i>Spinacia oleracea</i>	KUSF30037	Turkey	MF991149	MF991148
	<i>S. oleracea</i>	Ao_001	Greece	KC676795	-
		IRAN17992F	Iran, Gorgan	MW820936	MW845818
<i>Wilsoniana portulacae</i>	<i>Portulaca</i> sp.	IRAN17926F	Iran, Tabas	MW820937	MW845819
	<i>Portulaca</i> sp.	IRAN18018F	Iran, Zabol	MW820938	-
	<i>Portulaca oleracea</i>	AR164	Costa Rica	EU826105	-
		SMK18991	?	AY913806	DQ643921
<i>Wilsoniana bliti</i>	<i>Amaranthus viridis</i>	DAR76991	Australia	GU292161	-
<i>Phytophthium vexans</i>	<i>Vitis vinifera</i>	STE-U6729	New Zealand	GU133486	GU133593

Sequences with numbers in bold were generated in current study. ^T type specimens.

استخراج و ذخیره شدند. رج‌بندی توالی‌ها با استفاده از نرم افزار MAFFT version 7 (الگوریتم G-INS-i) انجام شد (Kato et al. 2019). ارزیابی ترکیب‌پذیری داده‌های مربوط به دو ناحیه مختلف ژنومی ITS و Cox2 برای ترسیم درخت فیلوژنتیکی، با استفاده از آزمون PHT (Partition homogeneity test) اجرا شده در نرم افزار PAUP4, beta 10 با ۱۰۰۰ تکرار تصادفی از روش جستجوی اکتشافی (heuristic) انجام شد (Farris et al. 1994, Swofford 2002).

درخت فیلوژنتیکی با استفاده از روش‌های حداقل تکامل (Minimum Evolution) با نرم افزار MEGA 5 (Tamura et al. 2011) بر اساس مدل Tamura-Nei با ۱۰۰۰ تکرار حمایت بوت استرپ و بیشینه احتمال (Maximum Likelihood) با استفاده از نرم افزار RAxML v8 (Stamatakis 2014) با مدل GTRGAMMA و ۱۰۰۰ تکرار بوت‌استرپ اجرا شده

ITS1، قطعه 5.8S و ITS2 با استفاده از آغازگرهای اختصاصی Moncalvo et al. 1995, Cooke DC6/LR-0 (et al. 2000) انجام شد، واکنش semi-nested با آغازگرهای ITS1-O/LR-0 ادامه پیدا کرد (Ploch et al. 2010) جهت تکثیر ناحیه ژنی میتوکندریایی Cox2 از آغازگرهای Cox2f/Cox2r استفاده شد (Hudspeth et al. 2000). واکنش PCR شامل برنامه‌های حرارتی و تعداد چرخه‌ها، جهت تکثیر نواحی ژنی، براساس روش چوئی و همکاران (Choi et al. 2007) در دستگاه ترموسایکلر مدل BIO-RAD (ساخت آمریکا) انجام شد.

پس از مقایسه توالی‌های نوکلئوتیدی حاصل از کروماتوگرام‌ها برای هر ژن با استفاده از ابزار جستجوی BLAST (Altschul et al. 1990) اجرا شده در <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>، توالی‌های نمونه‌های با شباهت بالا به استناد انتشار در نشریات معتبر برای رج-بندی و مراحل بعدی اجرای برنامه‌های فیلوژنتیکی

ارائه می‌شود. نمونه‌هایی که قبلاً از ایران و دنیا تنها بر اساس نوع میزبان به جنس *Albugo* منسوب شده بودند، در این مطالعه شناسائی آنها بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و مولکولی بازنگری یا تایید شد.

با توجه به این که گونه‌های *Albugo arenosa* و *Albugo candida* قبلاً شرح داده یا توصیف شده‌اند، به میزبان‌ها و پراکنش آنها اکتفا می‌شود. از این رو، گونه‌های *A. lepidii* و *A. koreana* که برای ایران جدید می‌باشند و گونه‌های دیگری که شرح کامل آنها با تاکید بر مفاهیم اسپورانژیوم اولیه و ثانویه و اسپور در دسترس نبوده یا تصور نمی‌باشد، بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی با ترکیب داده‌های مولکولی شرح داده می‌شوند.

ترکیب داده‌های مولکولی و تزئینات سطح اسپور در تعیین حدود و ثغور و توصیف گونه‌های جدید گونه‌های جنس‌های *Albugo*، *Pustula* و *Wilsoniana*، به کار گرفته شده است (Voglmayr & Riethmuller 2006).

علاوه بر این، در تحقیق حاضر، صفات اسپورانژیوم اولیه و ثانویه و اسپور در شناسائی گونه‌های بررسی شده مورد استفاده قرار گرفته (شکل‌های ۲-۳) و با منابع معتبر مقایسه شده است.

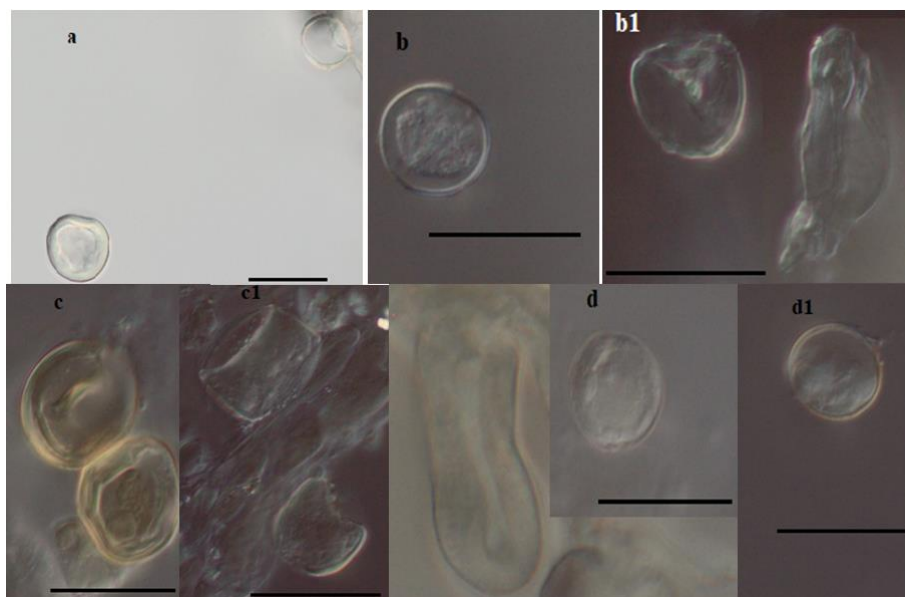
بر اساس نتیجه آزمون PHT (Partition homogeneity test) (P=0.25)، ناسازگاری بین داده‌های ITS و Cox2 وجود نداشته، داده‌ها جهت ترسیم درخت فیلوژنتیکی ترکیب شدند. بر اساس نتایج تجزیه فیلوژنتیکی داده‌های ترکیبی توالی‌های دو ژن ITS و Cox2، نمونه‌های *Albugo candida* روی میزبان‌های مختلف شرح داده شده در این تحقیق در کنار نمونه‌های *A. candida* روی میزبان‌های مختلف تیره Brassicaceae درون یک کلاد با حمایت بوت استرپ ۹۱ درصد (ME) هم جوار با دودمانی مجزا شامل نمونه‌های منسوب به این گونه روی

در TrEase webserver (<http://thineslab.senckenberg.de/trease/>) ترسیم گردید (Ploch et al. 2011, Mirzaee et al. 2013, Buaya & Thines 2020, Mishra et al. unpublished). گونه *Phytophythium vexans* به عنوان گروه خارجی (outgroup) انتخاب شد.

با توجه به این که برای برخی نمونه‌ها تنها توالی ژن Cox2 در بانک ژن NCBI موجود بود یا در مورد تعدادی از نمونه‌های این مطالعه توالی همین ژن وجود داشت، علاوه بر تجزیه فیلوژنتیکی مبتنی بر دو ژن، ماتریس رج‌بندی شده توالی این ژن نیز به صورت جداگانه ایجاد شد و تجزیه فیلوژنتیکی مطابق روش قبلی ادامه پیدا کرد. در برخی از مطالعات قبلی نیز گروه‌بندی این شبه قارچ‌ها بر اساس تجزیه فیلوژنتیکی مبتنی بر توالی‌های Cox2 صورت گرفته است (Choi et al. 2009, Choi et al. 2011b).

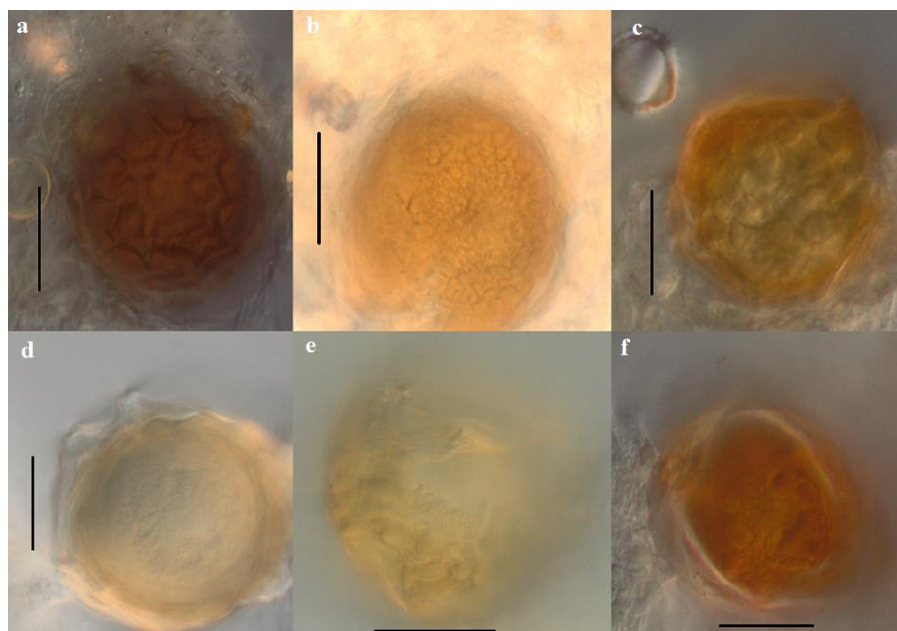
نتایج و بحث

طی نمونه برداری‌های انجام شده بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۹ از مناطق شرقی و شمالی کشور تعداد ۲۱ نمونه جمع‌آوری، بر اساس دامنه میزبانی، ریخت‌شناسی ساختارهای شبه قارچی و نیز داده‌های مولکولی شناسائی شد. بر اساس داده‌های مولکولی و ریخت‌شناسی برای گونه *Albugo candida* میزبان‌های جدید برای ایران یا دنیا شناسائی شد. آرایه‌های *A. lepidii* و *A. koreana* برای فلور قارچی ایران جدید می‌باشند و برای *Albugo Wilsoniana portulacae* (DC.) و *occidentalis* Wilsons ضمن توصیف صفات ریخت‌شناسی، اطلاعات جدیدی در ادامه ارائه می‌شود. گرچه برای گونه *Albugo occidentalis* گزارش‌هایی در دنیا وجود دارد ولی توصیف گونه بر اساس مفاهیم اسپورانژیوم اولیه و ثانویه



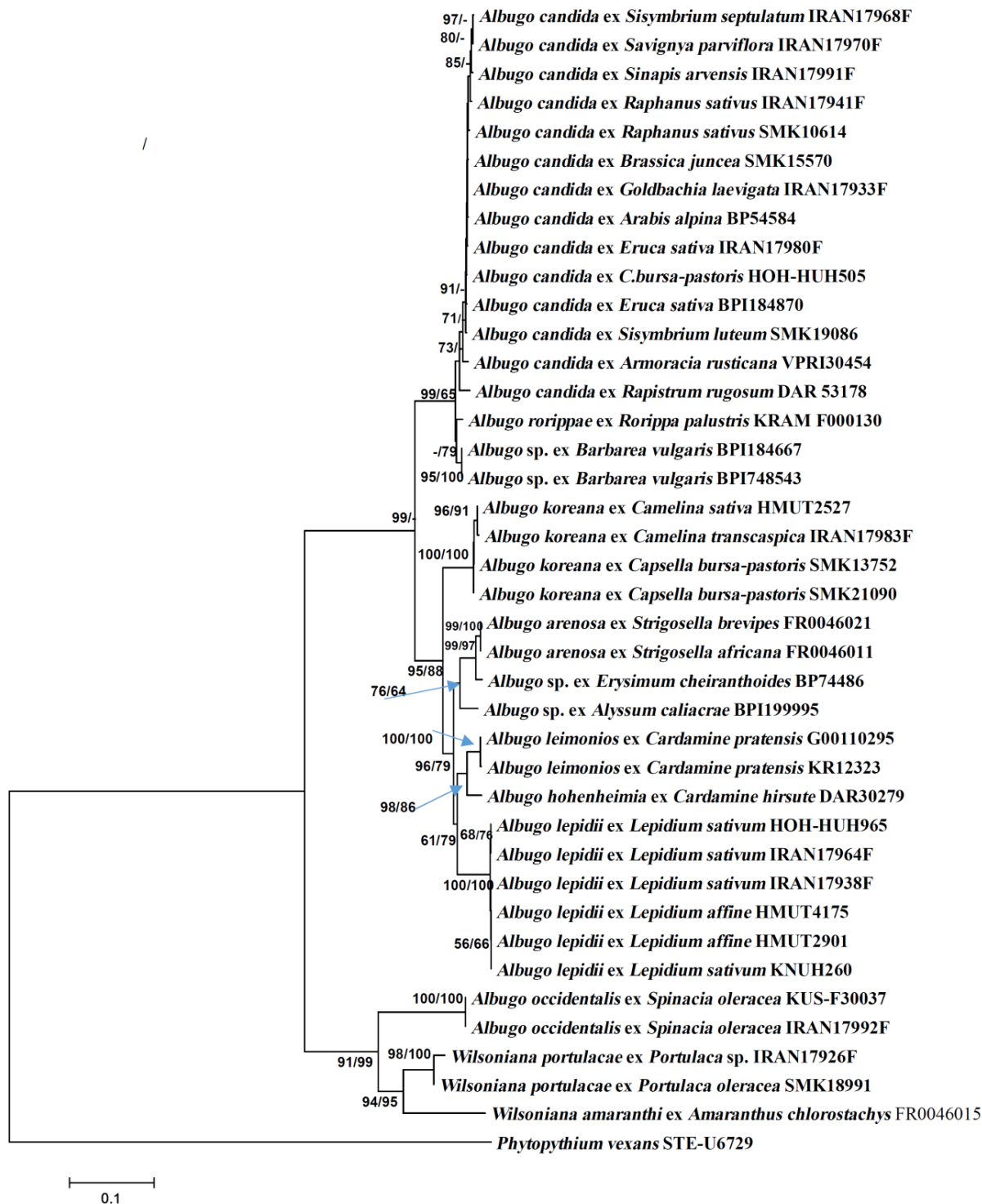
شکل ۲. مقایسه ساختارهای اسپورانژیومی آرایه‌های مختلف عامل زنگ سفید در مطالعه حاضر: a. اسپورانژیوم اولیه و ثانویه *Albugo occidentalis*, b. اسپورانژیوم اولیه - b1. اسپورانژیوم ثانویه و هیف اسپورانژی *Albugo lepidii*, c. اسپورانژیوم اولیه - c1. اسپورانژیوم ثانویه *Wilsoniana portulacae*, d. اسپورانژیوم اولیه و هیف اسپورانژی - d1. اسپورانژیوم ثانویه *Albugo koreana* (مقیاس = ۲۵ میکرومتر).

Fig 2. Comparison of sporangia in white blister rust taxa in current study: a. Primary and secondary sporangia of *Albugo occidentalis*, b. Primary-b1. secondary sporangia of *Albugo lepidii*, c. primary- c1. secondary sporangia of *Wilsoniana portulacae*, d. Sporogenous hyphae and primary sporangia- d1. secondary sporangia of *Albugo koreana* (Bar = 25 μ m).



شکل ۳. خصوصیات سطوح اسپور آرایه‌های مختلف عامل زنگ سفید در: a. اسپور *Wilsoniana portulacae*, b. *Albugo koreana*, c. *Albugo candida*, d. *Albugo arenosa*, e. *Albugo lepidii*, f. *Albugo occidentalis* (مقیاس = ۲۵ میکرومتر).

Fig 3. Oospore characteristics of white blister rust taxa in current study: a. *Wilsoniana portulacae*, b. *Albugo occidentalis*, c. *A. lepidii*, d. *A. arenosa*, e. *A. candida*, f. *A. koreana* (Bar = 25 µm).



شکل ۴. فیلوژنی حداقل تکامل و بیشینه درست‌نمایی مبتنی بر ترکیب توالی نواحی ژنی ITS و Cox2 نمونه‌های زنگ سفید ریشه‌یابی شده با *Phytophthium vexans* (جدایه STE-U6729).

Fig. 4. Phylogeny (ME and ML) based on concatenated sequences of cox2 and ITS for white blister rust specimens rooted with *Phytophthium vexans* (STE-U6729).

حداقل تکامل (۹۸/۹۸) را تشکیل دادند (شکل ۵). گونه *Albugo arenosa* برای اولین بار از خراسان رضوی گزارش می‌شود.

***Albugo candida* (Pers. ex J.F.Gmel.) Roussel**

نمونه‌های بررسی شده: روی برگ *Eruca Mill. sativa* (منداب)، خراسان رضوی، چناران، باغمچ، ۱۳۹۸/۰۲/۱۱، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17980F). روی برگ *Goldbachia laevigata* DC. (ناخنک)، خراسان جنوبی، قائن (آفریز)، ۱۳۹۲/۰۱/۱۲، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN18015F). خراسان جنوبی، اسدییه (اشک)، ۱۳۹۶/۲/۱۲، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17933F). روی برگ *Isatis leuconeura* Boiss. & Buhse، کیلومتر ۴۵ جاده بیرجند-زاهدان، ۱۳۹۸/۰۲/۱۱، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN18004F). روی برگ *Raphanus sativus* L. (تریچه)، خراسان رضوی، نیشابور، ۱۳۹۷/۰۷/۰۹، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17941F). ساری، ۱۳۹۸/۰۳/۰۱، جمع‌آوری کننده: مجید الداغی (شماره ثبت IRAN17979F). روی برگ و ساقه *Savignya parviflora* (Delile) Webb (ترتیزک بیابانی) - سیستان، کیلومتر ۴۰ جاده زابل - بندان، ۱۳۹۸/۰۲/۱۳، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17970F). روی برگ *Sinapis arvensis* L. (خردل وحشی) - گرگان (تخشی محله)، ۱۳۹۷/۰۲/۲۴، جمع‌آوری کننده: سیروس کلاسنگیانی - فائزه علی‌آبادی (شماره ثبت IRAN17943F). روی برگ *Sisymbrium altissimum* L. (خاکشیر وحشی)، مازندران، یوش (اوزرس)،

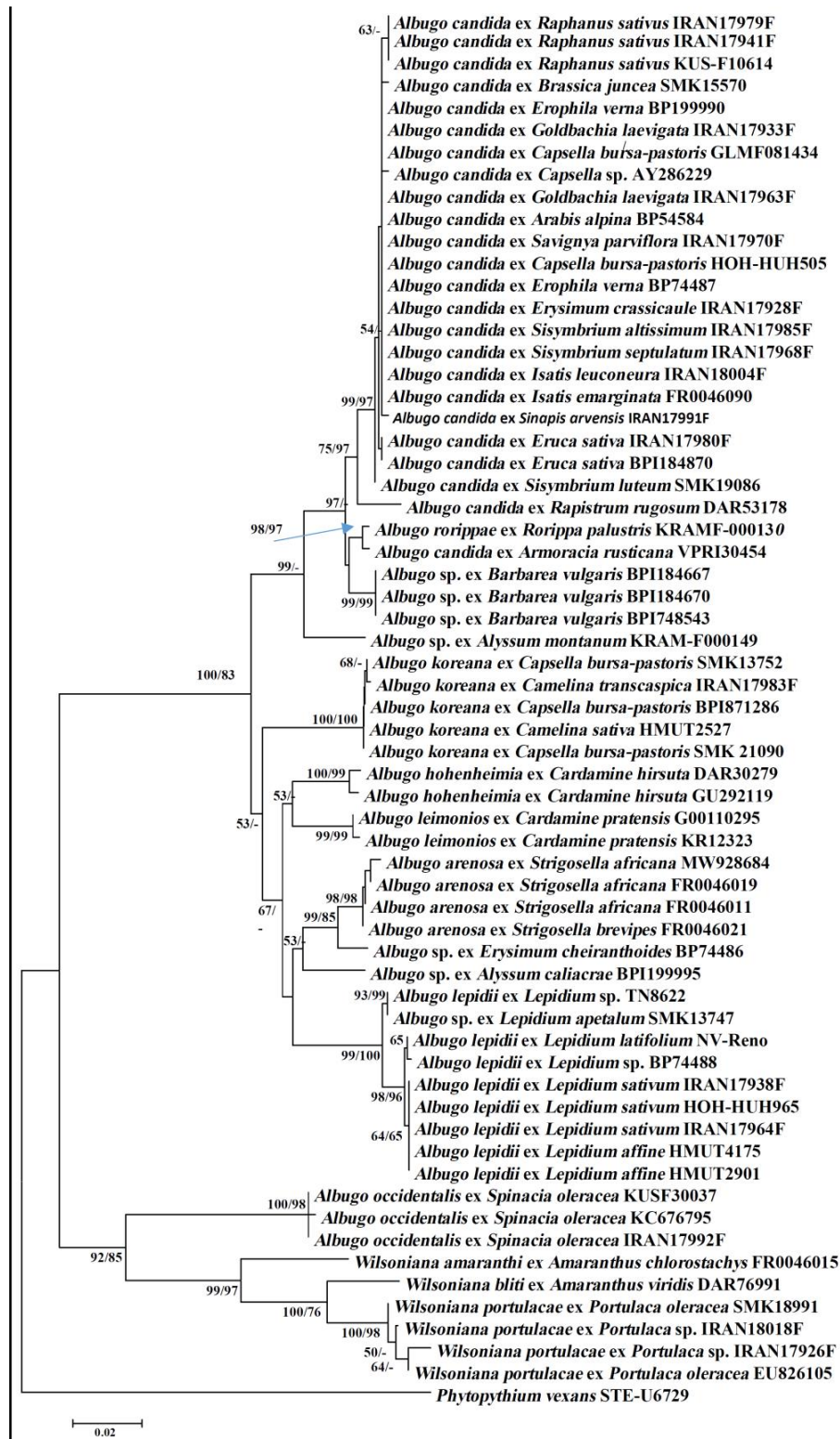
Rapistrum rugosum و *Armoracia rusticana* قرار گرفتند که در مجموع با گونه اختصاصی *Albugo rorippae* و نمونه توصیف نشده روی *Barbarea vulgaris* کلادی با حمایت بوت‌استریپی ۹۹/۶۵ (ME/ML) تشکیل دادند (شکل ۴). احتمالاً نمونه‌های بیمارگر روی میزبان‌های *Rapistrum rugosum* و *Armoracia rusticana* نیز گونه‌های جدیدی از *Albugo* باشند که توصیف آنها نیازمند بررسی‌های بیشتر است (Ploch et al. 2010).

***Albugo arenosa* Mirzaee & Thines**

نمونه‌های بررسی شده: روی برگ (L.) Botsch. *Strigosella africana* خراسان جنوبی، بیرجند (منطقه مود)، ۱۳۹۷/۰۱/۰۵، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17998F). خراسان رضوی، سبزوار، ۱۳۹۷/۰۱/۱۲، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN18007F). خراسان رضوی، مشهد - مسیر سد کارده (خین عرب)، ۱۳۹۷/۰۱/۱۲، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN18012F).

این گونه قبلاً از روی میزبان *Strigosella africana* خراسان جنوبی (قائن و بیرجند) و اسپانیا و روی *Strigosella brevipes* از نهبندان خراسان جنوبی توصیف شده است (Mirzaee et al. 2013). در فهرست قارچ‌های گزارش شده از ایران توسط ارشاد (Ershad 2009)، گونه *A. candida* روی *Strigosella africana* (= *Malcolmia africana*)، گزارش شده است. در مطالعه فیلوژنتیکی ماتریس توالی‌های Cox2، نمونه IRAN18012F کلادی مجزا همراه نمونه‌های *A. arenosa* با حمایت بالای بوت‌استریپی در روش حداکثر احتمال و

۱۳۹۸/۳/۲، جمع آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17985F). - روی برگ *Sisymbrium septulatum*



شکل ۵. فیلوژنی حداقل تکامل و بیشینه درست‌نمایی مبتنی بر توالی‌یابی ژن *Cox2* زنگ سفید ریشه‌یابی شده با *Phytopythium vexans* (جدایه STE-U6729).

Fig. 5. Cox2-based ME/ML phylogeny of white blister rust specimens rooted with *Phytopythium vexans* (STE-U6729).

U6729).

ریخت شناسی تایید کننده *A. candida* روی میزبان خاکشیر وحشی برای ایران و گزارش‌های قبلی در دنیا بوده، ولی روی میزبان دیگر از این جنس برای دنیا جدید است.

گزارش *Albugo candida* روی منداب (*Eruca sativa*) در دنیا محدود به استرالیا، آرژانتین، برزیل و پاکستان است (Farr & Rossman 2021). بر اساس گزارش‌های اخیر، این بیمارگر روی منداب از مونته نگرو و آفریقای جنوبی بر اساس داده‌های مولکولی و ریخت شناسی گزارش شده ولی فرم جنسی آن یافت نشده است (Latinovic et al. 2019, Mangwende et al. 2015). بر اساس مطالعه حاضر، بر اساس توالی‌یابی ژنومی و صفات ریخت‌شناسی گونه *A. candida* همراه با فرم جنسی از ایران روی منداب گزارش می‌شود. از ایران، منداب توسط ابراهیمی و میناسیان از خوزستان (نقل از Ershad 2009) به عنوان میزبان آن گزارش شده است. گرچه شناسایی آن بر اساس دامنه میزبانی بیمارگر با مفهوم گونه عمومی *Albugo candida* بوده است.

روی میزبان ناخنک (*Goldbachia laevigata*)، گونه *A. candida* از آسیای میانه گزارش شده است (Farr & Rossman 2021). در ایران از کرج توسط اسفندیاری در سال ۱۹۴۶ گزارش شده است (نقل از Ershad 2009). این اولین تایید گزارش *A. candida* روی میزبان *G. laevigata* از ایران و دنیا بر اساس صفات ریخت‌شناسی و مولکولی است.

روی میزبان تربچه گزارش‌های متعددی از *A. candida* در سرتاسر جهان وجود دارد (Farr & Biga 1955; Rossman 2021)، از ایران از خوزستان، نواحی خزر و تهران گزارش شده است (Ershad 2009). اخیراً، پولادی و

DC. (خاکشیر تلخ)، خراسان جنوبی، بیرجند (محمدیه)، جمع آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت ۱۳۹۸/۱/۱۴، IRAN17968F).

در بانک اطلاعاتی کلکسیون ملی قارچ‌های ایالات متحده آمریکا (Farr & Rossman 2021) روی میزبان *Savignya parviflora* گزارشی از عراق (۱۹۶۲) و روی گونه *Savignya longistyla* از الجزایر (فهرست قارچ‌های الجزایر، Amrani & Abdel-Azeem 2018) برای این آرایه وجود دارد. بنابراین بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و آنالیز تبارزائی گزارش *Albugo candida* روی این میزبان برای دنیا تایید می‌شود، این اولین گزارش از بیمارگر روی این میزبان و گزارش اولین بیماری روی جنس *Savignya* در ایران است. بیمارگر روی *Sinapis sp.* از اردبیل گزارش شده است (Ershad 2009). بر اساس بانک اطلاعاتی کلکسیون ملی قارچ‌های ایالات متحده آمریکا (Farr & Rossman 2021) از سوئد (۱۹۳۷)، کاستاریکا (۱۹۰۴)، سوئیس (۱۹۱۱)، رومانی (۱۹۲۶)، آلمان (۱۸۹۵) و کانادا روی این میزبان گزارش‌هایی موجود است (Warwick et al. 2000). این اولین گزارش از تایید مولکولی وجود این گونه روی خردل وحشی برای دنیا و گزارش جدید میزبانی برای ایران است.

گزارشی از بیمارگر روی *S. septulatum* DC در دنیا موجود نیست (Farr & Rossman 2021). خاکشیر وحشی از ایران (همدان و کرج) به عنوان میزبان آن گزارش شده است (Ershad 2009).

روی میزبان خاکشیر وحشی، علاوه بر *A. candida* از آمریکا، در برخی مناطق در قاره اروپا، کانادا و نیوزیلند، با نام *Albugo cruciferarum* نیز گزارش‌هایی وجود دارد. نتایج مطالعه حاضر مبتنی بر توالی‌یابی ژنومی و داده‌های

ارائه شده است. در حالی که بر اساس ترکیب داده‌های مولکولی و ریخت‌شناسی گاهی یک جنس میزبان در این تیره گیاهی با سه گونه اختصاصی متمایز از یکدیگر و از گونه *A. candida* آلوده می‌شود (Ploch et al. 2010). از این رو گزارش‌های مربوط به این گونه روی میزبان‌های تیره Brassicaceae، با استفاده از داده‌های مولکولی و ریخت‌شناسی به ویژه خصوصیات اسپور قابل بازنگری می‌باشند. گرچه در بین نمونه‌های مختلف *Albugo candida* تنوع تزئینات اسپور گزارش شده است (Mirzaee et al. 2013) که با نتایج بررسی‌های این مطالعه نیز مطابقت دارد (شکل ۶).

مقایسه مورفومتری نمونه‌های مختلف آرایه روی میزبان‌های شرح داده شده در جدول ۲ صورت گرفته است.

***Albugo koreana* Y.J. Choi, Thines & H.D. Shin**

نمونه بررسی شده: روی برگ *Camelina transcaspica* Fritsch، گیلان، دیلمان (کوه پس)، ۱۳۹۸/۰۳/۰۴، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRANI17983F).

جوش‌ها سفید رنگ، گرد تا نامنظم، با ابعاد ۱-۳ میلی متر، روی سطوح بالائی و پائینی برگ‌ها تشکیل می‌شوند و در سمت مقابل برگ ایجاد لکه‌های زرد می‌نمایند. میسلیم بین سلولی، هیف اسپورانژی (اسپورانژیوم بر) بی‌رنگ، چماقی تا استوانه‌ای شکل، در برخی دارای خمیدگی، اغلب گروهی و با ابعاد ۵-۱۲/۱۵ × ۴۲/۵-۲۷/۵ میکرومتر تشکیل می‌شود. اسپورانژیوم‌ها بی‌رنگ، گرد و در زنجیره تشکیل می‌شوند، اسپورانژیوم‌های اولیه شبیه ثانویه با دیواره ضخیم‌تر هستند، ابعاد اسپورانژیوم‌های اولیه (۱۷/۵-۱۶/۶-۱۲/۶) و میانگین ۱۴/۶ میکرومتر و ابعاد

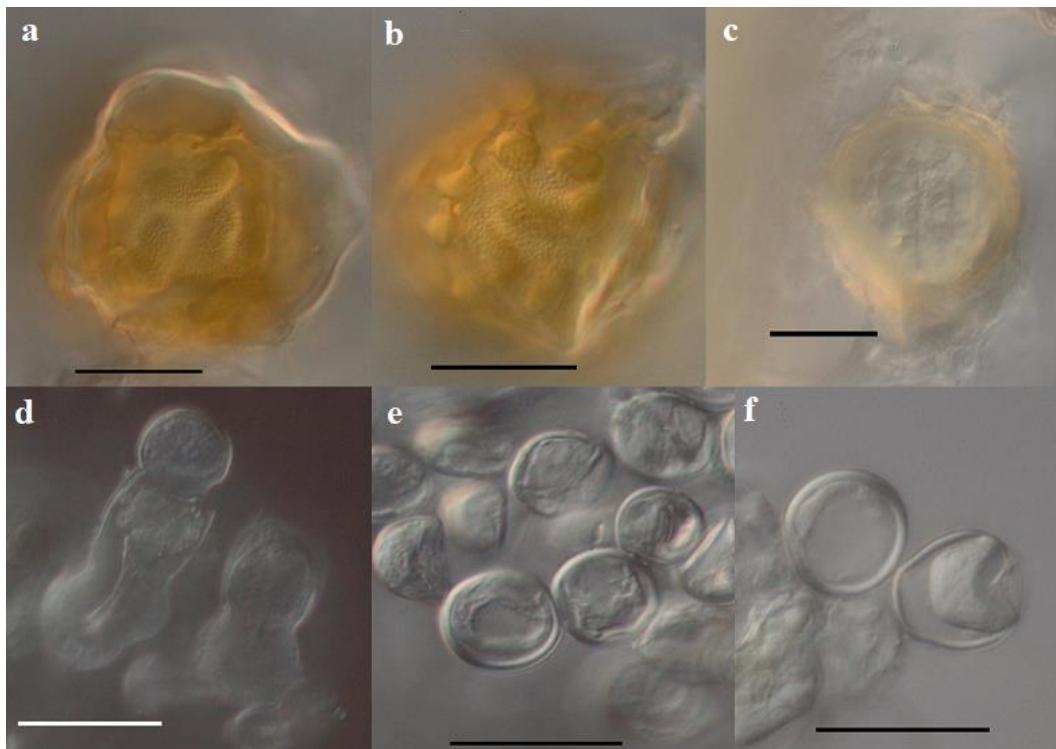
همکاران (Poladi et al. 2017b) بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی این گیاه را به عنوان میزبان بیمارگر گزارش نموده ولی شرح آن در دسترس نمی‌باشد. از این رو آرایه *A. candida* روی تریچه در ایران بر اساس ترکیب خصوصیات ریخت‌شناسی و مولکولی تایید می‌شود.

بر اساس تجزیه‌های فیلوژنتیکی مبتنی بر توالی‌های Cox2، نمونه‌های بیمارگر روی تریچه دارای تنوع ژنتیکی بوده که در کلاد نمونه‌های *A. candida* در زیر گروهی با حمایت بوت استرپ تایید نشده در روش حداکثر احتمال قرار می‌گیرند (شکل ۵). این تنوع در مطالعه چویی و همکاران (Choi et al 2006) نیز نشان داده شده است و نمونه‌های بیمارگر تریچه به عنوان گونه *A. candida* گزارش شده است. بر اساس نتایج چویی و همکاران (Choi et al 2007)، ریخت‌شناسی اسپور نمونه‌های بیمارگر روی تریچه مشابه سایر جدایه‌های این گونه روی میزبان‌های دیگر است.

گزارشی از این شبه قارچ روی *Isatis leuconeura* در دنیا به جز ایران وجود ندارد (Farr & Rossman 2021). در مجموعه قارچ‌های ایران، ارشاد (Ershad 2009)، از آبعلی گزارش داده است. بنابراین بر اساس نتایج مطالعه حاضر، گونه *A. candida* روی این میزبان بر اساس داده‌های مولکولی و صفات ریخت‌شناسی تایید می‌شود. از ایران، این گونه روی میزبان‌های *Isatis emarginata* کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris*) بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و توالی‌یابی ژن‌های ITS و Cox2 تایید شده است (Mirzaee & Sajedi 2015, Mirzaee et al. 2018).

بر اساس مجموعه قارچ‌های ایران (Ershad 2009)، تنها گونه گزارش شده از ایران روی تیره Brassicaceae گونه *Albugo candida* است که عمدتاً بر مبنای نوع میزبان

اسپورانژیوم‌های ثانویه (۱۷/۵-۱۶/۱-۱۲/۷-۱۲/۵) و میانگین ۱۴/۴ میکرومتر اندازه‌گیری شد. اسپور قهوه‌ای



شکل ۶. *Albugo candida*: a-c. تنوع تزئینات سطوح اسپور (a. روی میزبان *Erysimum* sp., *Albugo candida* ex *Sisymbrium altissimum*, *Albugo candida* ex *Eruca sativa*), d. هیف اسپورانژی اولیه (e. اسپورانژیوم اولیه f. اسپورانژیوم اولیه و ثانویه (مقیاس = ۲۵ میکرومتر).

Fig. 6. *Albugo candida*: a-c. Variation of oospore surface ornamentation (*A. candida* ex *Erysimum* sp., *A. candida* ex *Sisymbrium altissimum*, *A. candida* ex *Eruca sativa*), d. sporogenous hyphae, e. primary sporangia, f. primary and secondary sporangia (Bar = 25 μm).

koreana برخلاف *A. candida* دارای برآمدگی‌های بدون مرز و ناهم پیوسته با آرایش جداگانه است (Choi et al. 2007). متغیر بودن یا تنوع الگوی سطوح اسپور در نمونه‌های مختلف *A. arenosa* و *Albugo candida* (Mirzaee et al. 2013, *tropica* نیز گزارش شده است (Ploch et al. 2018).

بر اساس تجزیه‌های فیلوژنتیکی، نمونه‌های بیمارگر روی میزبان‌های *Capsella bursa-pastoris* و *Camelina* spp. در کلاسد مجزا متعلق به گونه *Albugo koreana* با حمایت حداکثر بوت استریپی ۱۰۰/۱۰۰ (ME/ML) هم گروه شدند (شکل‌های ۴ و ۵). نتایج رج‌بندی توالی‌های

روشن تا تیره، گرد، سطح آن صاف تا دارای برآمدگی‌های گرد و بدون انشعاب، و با ابعاد (۳۶/۱-۴۵/۵-۳۲/۵) و میانگین ۴۰/۸ میکرومتر تولید می‌شوند. ابعاد اگونیوم ۶۷/۵ - ۵۰ میکرومتر است.

دامنه ابعاد اسپورانژیوم و اسپور نمونه IRAN17983F با نمونه توصیف شده توسط چویی و همکاران (Choi et al. 2007) از کره جنوبی، و ابعاد اسپورانژیوم ثانویه و اسپور در مطالعه یانگ و همکاران (Yang et al. 2021) از چین مطابقت دارد ولی ابعاد اسپورانژیوم اولیه نمونه مطالعه کنونی بزرگتر از نمونه آرایه گزارش شده توسط یانگ و همکاران (Yang et al. 2021) است. سطوح اسپور *Albugo*

حاصل از تکثیر ناحیه Cox2 و ITS نشان داد، شباهت کامل در نوکلئوتیدهای دو نمونه IRAN17983F و نمونه

جدول ۲. مقایسه ریخت شناسی نمونه های *Albugo candida*

Table 2. Morphological comparison of *Albugo candida* specimens

Species	Host	Reference	Primary sporangia (µm)	Secondary sporangia (µm)	Oospore (µm)
<i>Albugo candida</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Thines et al. 2009	-	-	(42.5-)47.9-57.6(-62.5) (av. 51.8)
	<i>C. bursa-pastoris</i>	Mirzaee and Sajedi 2015	12-14	11-19	-
	<i>Eruca</i> sp.	Thines et al. 2009	-	-	(37.5-)43.8-52.1(-57.5) (av. 48)
	<i>Erysimum crassicaule</i>	This study	(12-)13.9-16.7(-17.5) (av. 15.3)	(14-)14.4-17.2(-17.5) (av. 15.8)	(40-)43.3-54.7(-57.5) (av. 48.9)
	<i>Goldbachia laevigata</i>	This study	(12.5-)13.9-17.5(-20) (av. 15.7)	(12.5-)14-17.8(-20) (av. 15.9)	-
	<i>Savignya parviflora</i>	This study	(12.5-)13.3-16.9(-19) (av. 15.1)	(12.5-)14-17.2(-20) (av. 15.6)	-
	<i>Raphanus sativus</i>	This study	(12.5-)14.6-18.4(-20) (av. 16.5)	(16-)17.1-20.9(-22.5) (av. 19)	-
	<i>Sinapis arvensis</i>	This study	(12.5-)14.2-17.4(-17.5) (av. 15.8)	(12.5-)13.7-18.7(-22.5) (av. 16.2)	(37.5-)42.8-50.2(-52.5) (av. 46.5)
	<i>Isatis leuconeura</i>	This study	(11-)14.2-12.8(-17.5) (av. 14.5)	(12.5-)14.1-17(-17.5) (av. 15.6)	r
	<i>Sisymbrium altissimum</i>	This study	(12.5-)14.7-17.7(-17.5) (av. 16.2)	(12.5-)13.8-18.2(-21.5) (av. 15.9)	-
	<i>Eruca sativa</i>	This study	(12.5-)14.8-18.8(-21.5) (av. 16.8)	(12.5-)14.7-18.7(-20) (av. 16.7)	(42.5-)43.6-52(-55) (av. 47.8)

r: rarely found

گسترش قارچها یا شبه قارچهای بیوتروف مانند عوامل بیماری زنگ سفید روی میزبانهای دیگر می شود (Choi et al. 2011b). از این رو گسترش مطالعات مولکولی با توالی یابی ژنهای بیشتر و بررسی دامنه میزبانی وسیع تر از مناطق جغرافیائی متنوع جهت روشن شدن حدود و ثغور گونه در مورد این تاکسون مورد نیاز است.

***Albugo lepidii* Rao**

نمونه بررسی شده: روی برگ *Lepidium sativum* خراسان جنوبی، طبس (کریت)، ۱۳۹۷/۰۱/۱۲، جمع آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17964F) - روی برگ

گزارش شده از چین (*A. koreana*) وجود دارد، و با نمونه های بیمارگر میزبان *C. bursa-pastoris* در سه نوکلئوتید تفاوت داشته و دو نمونه بیمارگر میزبان کیسه کشیش از کره جنوبی نیز در یک جایگاه نوکلئوتیدی با یکدیگر تفاوت دارند. چنین تفاوت هایی در کلادهای گونه های اختصاصی *Albugo leimonios* روی *C. pratensis* و *A. hohenheimia* روی *C. hirsuta* نیز وجود دارد (Ploch et al. 2010). وجود تفاوت های نوکلئوتیدی در برخی گونه ها نظیر *A. lepidii* به معنی گروه بندی آنها به عنوان تاکسون جدید نیست (Choi et al. 2011a, Choi et al. 2009). پرش میزبانی موجب

(2018, Soyly et al. 2019). گونه *A. lepidii* روی میزبان *Lepidium sativum* از ترکیه بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و مولکولی مبتنی بر توالی‌یابی نواحی ژنی Cox2 و rDNA و گونه *A. candida* روی *L. latifolium* بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و مولکولی مبتنی بر توالی‌یابی ناحیه rDNA از آمریکا گزارش شده است (Koike et al. 2011, Soyly et al. 2019).

تا قبل از کاربرد داده‌های مولکولی در رده‌بندی این شبه قارچها، عامل بیماری روی میزبان‌های تیره Brassicaceae، گونه *Albugo candida* تلقی می‌شد. چوبی و پرست گونه (Choi & Priest 1995) گونه *Albugo lepidii* را هم‌نام *Albugo candida* ذکر کرده‌اند. بر اساس داده‌های مولکولی و بررسی ریخت‌شناسی اسپور، نمونه‌های *Albugo candida* دارای تنوع بالای ژنتیکی و خصوصیات متمایز اسپور گزارش شده و نام گونه *Albugo lepidii* نیز بازیابی شده و به عنوان گونه‌ای مستقل و اختصاصی میزبان‌های متعلق به میزبان‌های جنس *Lepidium* اختصاص یافته است (Thines et al. 2009, Ploch et al. 2010, Choi et al. 2007).

در مقایسه با نمونه گزارش شده از ترکیه (Soyly et al. 2019)، ابعاد اسپورانژیوم‌های ثانویه مشابه بوده است، ولی اندازه بزرگترین طول اسپورانژیوم نمونه IRAN17964F از نمونه گزارش شده از ترکیه بیشتر است. در مورد نمونه ترکیه‌ای اندام اسپور مشاهده نشده است. ابعاد اسپورانژیوم‌ها در نمونه IRAN17964F با نمونه گزارش شده از چین (Zhang et al. 2018) تطابق دارد، ابعاد اسپور نیز با در نظر گرفتن انحراف معیار ابعاد یکسان دارد. از نظر تزئینات سطوح اسپور، الگوی کلی نمونه با نمونه چینی و الگوی ارائه شده در (Choi et al. 2011) مشابه است (شکل ۳) ولی توزیع برآمدگی‌ها در سطوح نمونه چینی منظم‌تر

Lepidium sativum، مازندران، ساری، ۱۳۹۶/۱۱/۱۲، جمع‌آوری کننده: مجید الداغی (شماره ثبت IRAN17965F) - روی برگ *Lepidium sativum* خراسان رضوی، نیشابور، ۱۳۹۷/۰۲/۱۱، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17938F) - روی برگ *Lepidium sativum* خراسان جنوبی، طبس (دشت قران)، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17996F) - زابل - روی برگ *Lepidium sativum* جمع‌آوری کننده: پیرنیا (شماره ثبت IRAN18019F).

جوش‌ها سفید رنگ، گرد تا نامنظم، با ابعاد ۱-۳ میلی-متر و روی سطوح بالائی و پائینی برگ‌ها (اغلب سطح پائینی) تشکیل می‌شوند. میسلیم بین سلولی، هیف اسپورانژی (اسپورانژیبر) بی‌رنگ، چماقی تا استوانه‌ای شکل، برخی دارای خمیدگی، اغلب گروهی و با ابعاد ۵-۱۲/۱۵ × ۲۵-۳۵ میکرومتر هستند. اسپورانژیوم‌ها بی‌رنگ، گرد، و در زنجیره تشکیل می‌شوند، اسپورانژیوم‌های اولیه شبیه ثانویه و با دیواره ضخیم‌تر هستند، ابعاد اسپورانژیوم‌های اولیه (۱۶/۵-۱۵/۱-۱۱/۹-۱۰) و میانگین ۱۳/۵ میکرومتر و ابعاد اسپورانژیوم ثانویه (۱۹-۱۶/۱-۱۲/۹-۱۲/۵) و میانگین ۱۴/۵ میکرومتر اندازه‌گیری شد. اسپور قهوه‌ای روشن تا تیره، گرد، سطح آن دارای برآمدگی‌های گرد، به ندرت بهم پیوسته و بدون انشعاب، و ابعاد (۶۲/۵-۵۸/۴-۴۷/۶-۴۲/۵) و میانگین ۵۱ میکرومتر تولید می‌شوند.

گونه *Albugo lepidii* از آلمان و هند روی *Lepidium sativum* و گونه‌های مختلف جنس *Lepidium* از نقاط مختلف جهان شامل آمریکا، استرالیا، آلمان، چین، رومانی و کره جنوبی و ترکیه گزارش شده است (Farr & Rossman 2021, Rector et al. 2015, Zhang et al.

استان گلستان، کلاسنگیان، ۱۳۹۷/۲/۱۱، جمع آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17992F)

جوش ها سفید رنگ، گرد تا نامنظم گاهی بهم پیوسته، با ابعاد ۱-۴ میلی متر و روی سطوح بالائی و پائینی برگ ها (اغلب سطح پائینی برگ ها) تشکیل می شوند. میسلیم بین سلولی، هیف اسپورانژی بی رنگ، چماقی تا استوانه ای شکل، برخی خمیده، اغلب گروهی با ابعاد ۱۷/۵-۱۵×۳۰-۲۰ میکرومتر تشکیل می شود. اسپورانژیوم ها بی رنگ، گرد تا تخم مرغی شکل و در زنجیره تشکیل می شوند، اسپورانژیوم های اولیه دیواره ضخیم، اسپورانژیوم های ثانویه با دیواره نازک، ابعاد اسپورانژیوم های اولیه (۲۰-۱۸-۱۴) (۱۱/۵-۱) و میانگین ۱۶ میکرومتر و ابعاد اسپورانژیوم ثانویه (۲۷/۵-۲۰/۷) (۱۵/۳-۱۲/۵) و میانگین ۱۸ میکرومتر اندازه گیری شد. اسپور قهوه ای تا متمایل به تیره، سطح آن دارای شبکه های ظریف و کم عمق با ابعاد (۶۰-۵۶/۴) (۵۱/۲-۵۰) و میانگین ۵۳/۸ میکرومتر است.

بر اساس مطالعه چوئی و پریست (Choi & Priest 1995)، ابعاد اسپور ۴۰-۷۰ میکرومتر و بر اساس سیلو و همکاران (Soylu et al. 2018)، ۴۵-۶۰ میکرومتر گزارش شده است، که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

این گونه از آمریکا، پاکستان، ترکیه، چین، مکزیک و کانادا گزارش شده است (Farr & Rossman 2021). در این میان، گزارش های مربوط به ترکیه، مکزیک و یونان مبتنی بر داده های مولکولی (بخشی از Cox2 یا rDNA) و ریخت شناسی ساختارهای شبه قارچ بوده که تنها در نمونه های ترکیه و پاکستان اسپور یافت شده است. گرچه مفهوم اسپورانژیوم اولیه و ثانویه در این گزارشات اخیر نیز تشریح نشده است. ابعاد و الگوی سطوح اسپور نمونه های ترکیه و توصیف چوئی و پریست (Choi & Priest 1995) با تحقیق حاضر مطابقت دارد (Vakalounakis & Doulis

است. بر اساس (Choi et al. 2011)، الگوی سطوح اسپور ارائه شده برای این گونه به صورت توزیع برآمدگی ها به صورت منظم گاهی نامنظم و با ابعاد ناهمسان ذکر شده است که بیانگر وجود تنوع در الگوی اسپور نمونه های مختلف می باشد. ابعاد هیف اسپورانژی، اسپورانژیوم و اسپور ممکن است در اثر شرایط محیطی و بسته به نوع میزبان تغییر کند (Choi et al. 2007).

نمونه های *Albugo lepidii* با سایر نمونه های این آرایه روی میزبان های متعلق به جنس *Lepidium* با حمایت حداکثر بوت استریپی ۱۰۰/۱۰۰ (ME/ML) بر اساس تجزیه فیلوژنتیکی ترکیب توالی های دوزن و نیز ماتریس توالی های Cox2 با حمایت بالا (۹۸/۹۶) به ترتیب در روش حداقل تکامل و بیشینه درست نمائی در یک کلاد قرار گرفتند. درون کلادهای تشکیل شده، بین نمونه ها تفاوت نوکلئوتیدی وجود دارد (شکل های ۴ و ۵). توالی های نمونه های IRAN17938F و IRAN17964F تنها در یک نوکلئوتید ناحیه ITS با یکدیگر تفاوت داشتند. تنوع ژنتیکی بین نمونه های این آرایه روی گونه های مختلف میزبانی مشاهده شده است (Choi et al. 2011a, Ploch et al. 2010).

در ایران، بیماری زنگ سفید روی میزبان های شاهی از ورامین، گرگان، تهران، رامین و خوزستان به عنوان *Albugo candida* و *L. latifolium* از کرج با نام *Cystopus candidus* توسط Viennot-Bourgin 1958 گزارش شده است (Ershad 2009, Poladi et al. 2017b). این اولین گزارش از گونه اختصاصی *Albugo lepidii* از ایران و فرم جنسی آن روی میزبان شاهی در دنیا است.

Albugo occidentalis Wilson

نمونه بررسی شده: روی برگ *Spinacia oleracea*

خصوصیات ریخت‌شناسی ارائه نشده است. میانگین ابعاد اسپور نمونه‌های گزارش بالا از ابعاد نمونه‌های مطالعه حاضر بیشتر است ولی حداقل و حداکثر ابعاد اسپورانژیوم (به ترتیب ۱۵ و ۲۲/۵ میکرومتر) در آن گزارش با ابعاد اسپورانژیوم‌های اولیه مطالعه حاضر (۱۱/۵ و ۲۰ میکرومتر) مطابقت دارد. بر اساس تجزیه فیلوژنتیکی ترکیب توالی‌های دو ژن، نمونه‌های IRAN17992F و *Albugo occidentalis* گزارش شده از ترکیه (-KUS-F30037) با حمایت حداکثر بوت استرپ در یک کلاد مجزا هم گروه شدند (شکل ۴). در تجزیه فیلوژنتیکی مبتنی بر توالی‌یابی ژن Cox2 این دو نمونه با نمونه Ao_001 از یونان (Vakalounakis & Doulis 2013) در یک کلاد با حمایت حداکثری در روش حداقل تکامل و حمایت بالا (۹۸٪) در روش بیشینه درست‌نمایی قرار گرفتند (شکل ۵).

این اولین تایید گزارش آرایه *Albugo occidentalis* از ایران بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و مولکولی همراه با تشریح گونه است.

***Wilsoniana portulacae* (DC.) Thines**

نمونه بررسی شده: روی برگ *Portulaca* sp. زابل، زهک، ۱۳۹۸/۰۶/۲۵، جمع‌آوری کننده: ناروئی (شماره ثبت IRAN18018F) - روی برگ *Portulaca* sp. خراسان جنوبی، طبس، اصفهک، ۱۳۹۷/۰۳/۲۴، جمع‌آوری کننده: میرزائی (شماره ثبت IRAN17926F).

جوش‌ها سفید تا متمایل به رنگ کرم، گرد تا نامنظم، به ابعاد ۱-۷ میلی‌متر، اغلب در سطح بالائی برگ‌ها تشکیل می‌شوند. میسلیم بین‌سلولی، هیف اسپورانژی (اسپورانژیبر) بی‌رنگ، چماقی شکل، گاهی خمیده، اغلب گروهی و با ابعاد ۱۷/۵-۱۲/۵ × ۶۲/۵-۴۲/۵ میکرومتر تشکیل می‌شوند.

2013, Abdul Hagh *et al.* 2015, Correll *et al.* 2017, (Soylu *et al.* 2018).

الگوی سطح اسپور این گونه مشابه گونه *Pustula tragopogonis* توصیف شده است، که دارای شبکه‌های ظریف است و گاهی خطوط در لبه‌های سطح اسپور با یکدیگر ترکیب می‌شوند (Voglmayr & Riethmuller 2006). این الگو با تزئینات سطوح اندام اسپور نمونه IRAN17992F در مطالعه حاضر شباهت دارد.

بر اساس نتایج تینس و اسپرینگ (Thines & Spring 2005)، نمونه‌های این گونه قرابت فیلوژنتیکی مبتنی بر توالی‌یابی rDNA با اعضا جنس *Wilsoniana* دارند ولی به دلیل عدم وجود شواهد ریخت‌شناسی به این جنس انتقال داده نشده‌اند. عبدالحق و همکاران (Abdul Hagh *et al.* 2015) این گونه را با نام *Wilsoniana occidentalis* به عنوان گونه‌ای مرکب گزارش نموده‌اند ولی مفهوم اسپورانژیوم اولیه و ثانویه در آن تبیین نشده است. نام گذاری گونه هم اکنون نیز تحت نام *Albugo occidentalis* می‌باشد.

گونه *Albugo occidentalis* از ایران، بازار گرگان، روی اسفناج (*Spinacea oleracea* L.) توسط ابراهیمی و افضلی (Ebrahimi & Afzali 2000) و پولادی و همکاران از خوزستان (Poladi *et al.* 2017b) و بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی گزارش شده است.

مفاهیم اسپورانژیوم اولیه و ثانویه برای اعضا جنس‌های مولد بیماری زنگ سفید گیاهان توسط کنستانتینسکو و تینس (Constantinescu & Thines 2006) ارائه شده است. از این رو، در گزارش ابراهیمی و افضلی (Ebrahimi & Afzali 2000) خصوصیات اسپورانژیوم به جای اسپورانژیوم اولیه و ثانویه تشریح شده است، در گزارش دیگر از خوزستان (Poladi *et al.* 2017b) نیز

۱۹۷۳ گزارش شده است (Ershad 2009). میانگین ابعاد اسپور نمونه پاکستان با نمونه IRAN18018F مطابقت دارد. حداکثر و حداقل اندازه اسپور ارائه شده برای گونه در تحقیق چویی و پریست (Choi & Priest 1995) ۷۰ و ۴۰ میکرومتر و در نمونه مورد مطالعه عبدالحق و همکاران (Abdul Hagh et al. 2015) ۵۵ و ۵۰ میکرومتر تعیین شده است. شبکه سطح اسپور نمونه گزارش شده از پاکستان منظم تر از نمونه مطالعه حاضر (شکل ۳) و نمونه وگلمیر و ریتموولر (Voglmayr & Riethmuller 2006) می باشد ولی الگوی کلی شبکه برای نمونه ها مشابهت دارد. ابعاد طول هیف اسپورائژی نمونه این تحقیق (۶۲/۵ میکرومتر) اختلاف زیادی با نمونه گزارش شده از پاکستان (۲۹/۵ میکرومتر) دارد. گرچه تاکنون ابعاد هیف اسپورائژی در مطالعات شناسائی تاکسون های عوامل زنگ سفید گیاهان مورد مقایسه و کاربرد قرار نگرفته است.

بر اساس تجزیه فیلوژنتیکی توالی های نواحی ژنی ITS و Cox2 نمونه های IRAN17926F و SMK18991 *Wilsoniana portulacae* درون یک کلاد با حمایت بوت استرپ ۹۸/۱۰۰ (ME/ML) قرار گرفتند (شکل ۴). توالی این دو نمونه در هر داده ژنی در جایگزینی یک نوکلئوتید با یکدیگر تفاوت داشتند. بر اساس تجزیه فیلوژنتیکی توالی های Cox2، نمونه IRAN17926F (از منطقه طبس) با *Wilsoniana portulacae* EU826105 با حمایت بوت استرپ ۶۴ درصد حداقل تکامل در یک زیرکلاد قرار گرفته در حالی که در روش بیشینه احتمال این زیر کلاد تایید نمی شود. نمونه IRAN18018F (از منطقه زابل) با سایر نمونه های این آرایه با حمایت پائین بوت استرپ (۵۰ درصد) حداقل تکامل تشکیل کلاد مستقلی از جنس *Wilsoniana* متعلق به آرایه های *Wilsoniana*

اسپورائژیوم ها بی رنگ، گرد تا گلابی شکل و در زنجیره تشکیل می شوند. اسپورائژیوم های اولیه سرتاسر دیواره ضخیم ولی اسپورائژیوم های ثانویه دیواره نازک در دو سوی میانی ضخیم تر، ابعاد اسپورائژیوم های اولیه (۲۰-۱۸/۳-۱۵/۱-۱۲/۵) و میانگین ۱۶/۷ میکرومتر، و اسپورائژیوم های ثانویه (۲۵-۲۰/۳-۱۵/۷-۱۵) با میانگین ۱۸ میکرومتر اندازه گیری شد. اسپور گرد، به رنگ قهوه ای، سطح آن مشبک، طول خطوط شبکه ها متغیر و با ابعاد (۶۵-۵۹/۳-۴۹/۷-۵۰) و میانگین ۵۴/۵ میکرومتر اندازه گیری شد.

تا قبل از جدا شدن جنس *Wilsoniana* از جنس *Albugo*، گونه *A. portulacae* به عنوان بیمارگر عامل بیماری زنگ سفید روی میزبان های متعلق به جنس *Portulaca* L. شناخته می شد. پس از نام گذاری این گونه مرکب با نام *Wilsoniana portulacae* توسط تینس و اسپرینگ (Thines & Spring 2005)، تاکنون این نام معتبر است. گرچه گزارش های متعددی در دنیا با نام قبلی وجود دارد. این بیمارگر از آلمان، پاکستان، چین، کره جنوبی، پرتغال و اسپانیا روی گیاهان تیره *Portulacaceae* گزارش شده است (Thines & Spring 2005, Abdul Hagh et al. 2015, Farr & Rossman 2021).

ترکیب داده های مولکولی و تزئینات سطح اسپور در تعیین حدود و ثغور گونه های جنس *Albugo* و دو جنس جدا شده از آن *Pustula* و *Wilsoniana*، به کار گرفته شده است (Voglmayr & Riethmuller 2006). برای این گونه، الگوی سطح اسپور به صورت شبکه های نسبتاً منظم توصیف شده است (Voglmayr & Riethmuller 2006). این گونه از ایران با نام *Albugo portulacae* از مناطق مختلف روی خرفه (گلستان، خراسان، خوزستان، تهران، آذربایجان شرقی، مازندران و کرج) بین سالهای ۱۹۴۱-

Caryophyllidae محدود می‌شود. پس از بازنگری اعضا این راسته بر اساس داده‌های مولکولی و ریخت‌شناسی که منجر به تفکیک دو جنس *Pustula* و *Wilsoniana* از جنس *Albugo* گردید، گونه‌های جدید یا مرکب برای این جنس‌ها معرفی شد و گونه‌های نادر یا گزارش شده قبلی تایید یا بازنگری گردید که بیشتر مربوط به جنس *Albugo* هستند. در بین نمونه‌های جنس‌های *Albugo* و *Pustula*، چندین گونه جدید توصیف شده است که احتمالاً میزبان اختصاصی باشند. تنوع زیستی این شبه‌قارچ‌ها تا حدود زیادی ناشناخته مانده است در حالی که برخی گونه‌ها موجب خسارت به گیاهان زراعی، صنعتی و زینتی مانند شاهی، تربچه، اسفناج، آفتابگردان و انواع تاج خروس می‌شوند. تاکید بر تنوع زیستی و شناسائی دقیق‌تر این بیمارگرها از جنبه‌های مختلف بیماری‌شناسی گیاهی مانند قرنطینه، همه گیرشناسی و سطوح مقاومت میزبانی اهمیت دارد (Choi et al. 2009, Thines & Voglmayr 2009, Ploch et al. 2018).

سپاسگزاری

از خانم مهندس سپیده ساجدی، محقق موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، بخاطر شناسایی برخی نمونه‌های گیاهی قدردانی می‌گردد.

portulacae را داد (شکل ۵) و با نمونه AR164 در جایگزینی ۴ نوکلئوتید در توالی مربوط به Cox2 تفاوت دارد.

بر اساس مطالعات اخیر جنس *Portulaca* L. حدود ۱۰۰ گونه دارد که هنوز وجود گونه *Portulaca oleracea* L. از ایران تایید نشده است در حالی که پنج گونه جدید برای ایران از این جنس مشتق شده است (Amini Rad et al. 2017). بنابراین، با توجه به ویژگی اختصاصی بودن گونه به میزبان و وجود گونه‌های متعدد این جنس گیاهی احتمال وجود گونه‌های توصیف نشده در بین نمونه‌های بیمارگر وجود دارد. بنابراین پیش-بینی می‌شود بررسی نمونه‌های مختلف از این گونه مرکب روی گونه‌های مختلف میزبان‌های متعلق به *Portulaca* تعیین‌کننده حدود و ثغور گونه‌های *Wilsoniana* روی این میزبان‌ها باشد.

بر اساس بررسی منابع، شرح گونه موجود نیست. بنابراین این اولین تایید گزارش آرایه *Wilsoniana portulacae* از ایران بر اساس ترکیب مطالعات ریخت‌شناسی - فیلوژنتیکی و شرح گونه است. گزارشی از آرایه از خوزستان در خلاصه مقالات سومین کنگره قارچ‌شناسی ایران ارائه شده است (Poladi et al. 2017a).

در حال حاضر راسته Albuginales از جنس‌های *Pustula Albugo* و *Wilsoniana* تشکیل شده است که دامنه میزبانی آنها به ترتیب به Asteridae, Brassicales و

منابع

- Abdul Hagh M., Shahzad S., and Ghamarunnisa S. 2015. White blister rusts and downy mildews from Bajaur Agency Fata, with some new records from Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 47: 1569–1574.
- Altschul S.F., Gish W., Miller W., Myers E.W., and Lipman D.J. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology* 215: 403–410.
- Amini Rad M., Sajedi S., and Domina G. 2017. First data on the taxonomic diversity of the *Portulaca oleracea* aggregate (Portulacaceae) in Iran. *Turkish Journal of Botany* 41: 535–541. <https://doi:10.3906/bot-1611-43>
- Amrani S., and Abdel-Azeem A.M. 2018 – Checklist of Algerian fungi – Part 1: Protozoan Fungal Analogues

- (Oomycota, Bigyra, Cercozoa). *Microbial Biosystems* 3: 13–28.
- Biga M.L.B. 1955. Re-examination of the species of the genus *Albugo* on the basis of the morphology of the conidia (Riesaminazione delle specie del genere *Albugo* in base alla morfologia deiconidi). *Sydowia* 9: 339–358 (in Italian).
- Buaya A.T., and Thines M. 2020. Diatomophthoraceae—a new family of olpidiosis-like diatom parasitoids largely unrelated to Ectrogella. *FUSE* 5:113–118.
- Choi D., and Priest M.J. 1995. A key to the genus *Albugo*. *Mycotaxon* 53: 261–272.
- Choi Y.J., Shin H.D., Hong S.B., and Thines M. 2007. Morphological and molecular discrimination among *Albugo candida* materials infecting *Capsella bursa-pastoris* worldwide. *Fungal Diversity* 27:11–34.
- Choi Y.J., Shin H.D., Ploch S., and Thines M. 2008. Evidence for uncharted biodiversity in the *Albugo candida* complex, with description of a new species. *Mycological Research* 112: 1327–1334.
- Choi Y.J., Shin H.D., Ploch S., and Thines M. 2011a. Three new phylogenetic lineages are the closest relatives of the widespread species *Albugo candida*. *Fungal Biology* 115: 598–607.
- Choi Y.J., Shin H.D., and Thines M. 2009. The host range of *Albugo candida* extends from Brassicaceae through Cleomaceae to Capparaceae. *Mycological Progress* 8:329–335.
- Choi Y.J., Thines M., and Shin H.D. 2011b. A new perspective on the evolution of white blister rusts: *Albugo* s.str. (Albuginales; Oomycota) is not restricted to Brassicales but also present on Fabales. *Organisms Diversity and Evolution* 11: 193–199. <http://dx.doi.org/10.1007/s13127-011-0043-5>.
- Constantinescu O. and Thines M. 2006. Dimorphism of sporangia in Albuginaceae (Chromista, Peronosporomycetes). *Sydowia* 58: 178–190.
- Cooke D.E.L., Drenth A, Duncan J.M., Wagels G., and Brasier M. 2000. A molecular phylogeny of *Phytophthora* and related Oomycetes. *Fungal Genetics and Biology* 30:17–32.
- Correll J.C., Feng C.D. and Liu B. 2017. First report of white rust (*Albugo occidentalis*) on spinach in Mexico. *Plant Disease* 101: 511–512.
- Ebrahimi A.G., and Afzali H. 2000. *Albugo occidentalis*, a new fungus to Iran. *Rostaniha* 1: 73.
- Ershad D. 2009. *Fungi of Iran*. 3rd ed. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Publication No. 10. Tehran, Iran, 531 pp. (in Persian)
- Farr D.F., and Rossman A.Y. *Fungal Databases*, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Retrieved September 30, 2021, from <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>
- Farris J., Källersjö M., Kluge A., and Bult C. 1994. Testing significance of incongruence. *Cladistics* 10: 315–319. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1096-0031.1994.tb00181.x>
- Hirata T., and Takamatsu S. 1996. Nucleotide sequence diversity of rDNA internal transcribed spacers extracted from conidia and cleistothecia of several powdery mildew fungi. *Mycoscience*. 37: 265–270.
- Hudspeth D.S.S., Nadler S.A., and Hudspeth M.E.S. 2000. A cox2 molecular phylogeny of the Peronosporomycetes. *Mycologia* 92:674–684.
- Katoh K., Rozewicki J., and Yamada K.D. 2019. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. *Briefings in Bioinformatics* 20: 1160–1166.
- Koike S.T., Sullivan M.J., Southwick C., Feng C., and Correll J.C. 2011. Characterization of white rust of perennial pepperweed caused by *Albugo candida* in California. *Plant Disease* 95: 876.
- Latinovic J., Latinovic N., Jakse J., and Radisek S. 2019. First report of white rust of rocket (*Eruca sativa*) caused by *Albugo candida* in Montenegro. *Plant Disease* 103: 163.
- Mangwende E., Kalonji Kabengele J.B., Truter M., and Aveling T.A.S. 2015. First report of white rust of rocket (*Eruca sativa*) caused by *Albugo candida* in South Africa. *Plant Disease* 99: 290.
- Mirzaee M.R., Abbasi M., and Mohammadi M. 2009. *Albugo candida* causing white rust on *Erysimum crassicaule* in Iran. *Australasian Plant Disease Notes* 4:124–125.
- Mirzaee M.R., Ploch S., Runge F., Telle S., Nigrelli L., and Thines M. 2013. A new presumably widespread species of *Albugo* parasitic to *Strigosella* spp. (Brassicaceae). *Mycological Progress* 12: 45–52.
- Mirzaee M.R., Ploch S., and Thines M. 2021. A new desert-dwelling oomycete, *Pustula persica* sp. nov., on *Gymnarrhena micrantha* (Asteraceae) from Iran. *Mycoscience* (in press).
- Mirzaee M.R., and Sajedi S. 2015. First confirmed report of white blister rust disease caused by *Albugo candida* on *Capsella bursa-pastoris* in Iran. *Journal of Plant Pathology* 97: S71.

- Mirzaee M.R., Ploch S., Nigrelli L., Sajedi S., and Thines M. 2018. First confirmed report of white blister rust disease caused by *Albugo candida* on *Isatis emarginata*. *Journal of Plant Pathology* 100: 587. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0091-1>
- Mishra B., Ploch S., Weiland C., and Thines M. (Unpublished manuscript) TrEase - a webserver to infer phylogenetic trees with ease. <http://www.thines-lab.senckenberg.de/trease>.
- Moncalvo J.M., Wang H.H., and Hseu R.S. 1995. Phylogenetic relationships in *Ganoderma* inferred from the internal transcribed spacer and 25S ribosomal DNA sequences. *Mycologia* 87:223–238.
- Ploch S., Choi Y.J., Rost C., Shin H.D., Schilling E., and Thines M. 2010. Evolution of diversity in *Albugo* is driven by high host specificity and multiple speciation events on closely related Brassicaceae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 57: 812–820.
- Ploch S., Choi Y.J., and Thines M. 2018. The only known white blister rust on a basal angiosperm is a member of the genus *Albugo*. *Organisms Diversity and Evolution* 18:63–69.
- Ploch S., Telle S., Choi Y.J., Cunningham J.H., Priest M., Rost C., Shin H.D., and Thines M. 2011. The molecular phylogeny of the white blister rust genus *Pustula* reveals a case of underestimated biodiversity with several undescribed species on ornamentals and crop plants. *Fungal Biology* 115:214–219.
- Poladi P., Farokhi Nejad R., and Mehrabi Koshki M. 2017a. Identification of *Wilsoniana portulacae* as cause of white rust of Portulacae in Khozestan province. 3rd Iranian Mycological Congress, 26-28 August 2017a, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
- Poladi P., Farokhi Nejad R., and Mehrabi Koshki M. 2017b. Detection and morphological identification of different causes of white rust disease on vegetables in Khozestan province. 3rd Iranian Mycological Congress, 26-28 August 2017b, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
- Rector B.G., Wang S., Choi Y.J., and Thines M. 2015. First report of *Albugo lepidii* causing white rust on broadleaved pepperweed (*Lepidium latifolium*) in Nevada and California. *Plant Disease* 100: 229.
- Soylu S., Kara M., Kurt S., Uysal A., Shin H.D., Choi Y.J., and Soyly E.M. 2018. First report of white blister rust disease caused by *Albugo occidentalis* on spinach in Turkey. *Plant Disease* 102: 826–827
- Soyly E.M., Kara M., Kurt S., Uysal A., Shin H.D., Choi Y.J., and Soyly S. 2019. First report of *Albugo lepidii* causing white blister rust on Broadleaved garden cress (*Lepidium sativum*) in Turkey. *Plant Disease* 103: 2698.
- Stamatakis A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30:1312–1313.
- Swofford D.L. 2002. PAUP*. Phylogenetic analysis using parsimony (* and other methods). Version 4.0b10. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Tamura K., Peterson D., Peterson N., Stecher G., Nei M., and Kumar S. 2011. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution* 28:2731–2739.
- Thines M. 2010. Evolutionary history and diversity of white blister rusts (Albuginales). *Polish Botanical Journal* 55: 259–264.
- Thines M. 2014. Phylogeny and evolution of plant pathogenic oomycetes, a global overview. *European Journal of Plant Pathology* 138, 431–447.
- Thines M., Choi Y.J., Kemen E., Ploch S., Holub E.B., Shin H.D., and Jones J.D.G. 2009. A new species of *Albugo* parasitic to *Arabidopsis thaliana* reveals new evolutionary patterns in white blister rusts (Albuginaceae). *Persoonia* 22:123–128.
- Thines M., and Spring O. 2005. A revision of *Albugo* (Chromista, Peronosporomycetes). *Mycotaxon* 92:443–458.
- Thines M., and Voglmayr H. 2009. An introduction to the white blister rusts (Albuginales). Pp:77–92. In: Lamour K and Kamoun S, (Eds). *Oomycete genetics and genomics: diversity, interactions and research tools*. Hoboken: John Wiley & Sons, USA.
- Vakalounakis D.J., and Doulis A.G. 2013. First record of white rust, caused by *Albugo occidentalis*, on spinach in Greece. *Plant Disease* 97: 1253.
- Voglmayr H., and Riethmuller A 2006. Phylogenetic relationships of *Albugo* species (white blister rusts) based on LSU rDNA sequence and oospore data. *Mycological Research* 110:75–85.
- Vrandečić K., Jurković D., Cosić J., Postić J., and Bijelić Z. 2011. White blister rusts (Albuginaceae) on weeds.

- Poljoprivreda 17: 47–51.
- Walker J., and Priest M.J. 2007. A new species of *Albugo* on *Pterostylis* (Orchidaceae) from Australia: confirmation of the genus *Albugo* on a monocotyledonous host. Australasian Plant Pathology 36:181–185.
- Walsh P.S., Metzger D.A., and Higuchi R. 1991. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. Bio Techniques 10: 506–513.
- Warwick S.I., Beckie H.J., Thomas A.G., and McDonald T. 2000. The biology of Canadian weeds. 8 *Sinapis arvensis* L. (updated). Canadian Journal of Plant Sciences 80: 939–961.
- Xu B., Song J.G., Xi P.G., and Jiang Z.D. 2016. *Pustula junggarensis* (Albuginales, Oomycota), a new species of white blister rust on *Takhtajaniantha pusilla* from Junggar Basin in China. Phytotaxa 289:83–87.
- Yang H., Zhao Z.X., Guo Y.X., and Xu B. 2021. First report of white rust disease caused by *Albugo koreana* on *Camelina sativa* in China. Plant Disease 105 (in press).
- Zhang S.H., Guo Q.Y., Yang H., Cao Z., Song J.G., and Xu B. 2018. First Report of white blister rust caused by *Albugo lepidii* on broad leaf pepperwort (*Lepidium affine*) in China. Plant Disease 102: 1463.