

Zamieranie olszy czarnej *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. wzdłuż rzeki Narewki na terenie Nadleśnictwa Białowieża

Decline of Black Alder *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. along the Narewka River in the Białowieża Forest District

Tadeusz Malewski¹ , Robert Topor², Justyna Anna Nowakowska³ , Tomasz Oszako^{4*} 

¹Muzeum i Instytut Zoologii, PAN, Zakład Technik Molekularnych i Biometrycznych, ul. Wilcza 64, 00-679 Warszawa;

²Politechnika Białostocka, Instytut Nauk Leśnych, ul. Wiejska 45, 15-351 Białystok; ³Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego, Instytut Nauk Biologicznych, Wydział Biologii i Nauk o Środowisku, ul. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa; ⁴Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ochrony Lasu, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn

*Tel. +48 22 7150 402 e-mail: T.Oszako@ibles.waw.pl

Abstract. Black Alder *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. is an important tree commonly growing in Poland. Alders are actinorhizal plants that play an important ecological role in riparian ecosystems through atmospheric nitrogen fixation, filtration and purification of waterlogged soils as well as providing a refuge for terrestrial and aquatic organisms thus helping to stabilize stream banks. Black Alder used to be considered a very pest and disease resistant species but, the situation changed in 2000, when an unprecedented decline of Alders was observed in Poland. In the Białowieża Forest District, this decline has been observed on wet meadow habitats and along rivers or watercourses.

Currently, there are several hypotheses explaining Alder dieback, among them climatic changes and *Phytophthora* infections. In terms of climate, Black Alder requires a high atmospheric humidity during all phases of its reproductive cycle. It tolerates neither long-term summer flooding nor a significant decrease in the groundwater level. In terms of pests, oomycete pathogens of the genus *Phytophthora* are the most destructive plant pathogens known and many of them are present in forests and nurseries all over Europe.

The aim of this study was to evaluate the health of Black Alder along the Narewka River in the Białowieża Forest District. Selected areas were monitored in 2012 and 2018, but no relationship between drought and alder health was found. A preliminary analysis of soil and water samples by real time PCR revealed the presence of two *Phytophthora* species: *P. alni* and *P. cactorum*. Further and more detailed research is required to elucidate the role of these pathogens in Alder dieback.

Keywords: alder, dieback, drought, *Phytophthora*, PCR

Słowa kluczowe: olsza, zamieranie, susza, *Phytophthora*, PCR

1. Wstęp

Olsza czarna *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. występuje w Europie, na Syberii, w Azji Mniejszej i w północnej Afryce. W Polsce jest gatunkiem ważnym z ekologicznego i gospodarczego punktu widzenia. Należy ona do drzew szybko rosnących, jest więc cenna w kontekście produkcji drewna (Jaworski 2011). Olsza czarna jest jedynym drzewem lasotwórczym w Polsce, którego korzenie mogą tworzyć aktynoryzę z promieniowcami z rodzaju *Frankia*, ektomykoryzę z wielkoowocnikowymi grzybami i mykoryzę arbuskularną

z grzybami z rodzaju *Glomus*. Duże zdolności przystosowawcze olszy czarnej umożliwiają wykorzystywanie jej do rekultywacji i zalesień zniszczonych gleb i trudnych do zalesienia gruntów (Pancer-Kotejowa, Zarzycki 1980; Jaworski 2011).

Spośród rodzimych drzew gatunek ten najlepiej znosi dużą wilgotność gleby oraz dobrze rozwija się na terenach, gdzie obecne są wody przepływowe, chociaż może też występować na terenach z wodą stagnującą. Nie znosi zarówno długotrwałych podtopień letnich, jak i znacznego obniżenia poziomu wód gruntowych (Sierota 2001), na-

tomiast potrzebuje wysokiej wilgotności powietrza utrzymującej we wszystkich fazach cyklu reprodukcyjnego (Claessens et al. 2010). Jeszcze do niedawna olszę czarną uważano w Polsce za gatunek o niskim poziomie podatności na szkodniki i choroby. Sytuacja zmieniła się na przełomie XX i XXI wieku, gdy zaobserwowano zamieranie drzewostanów olszowych (Piętka, Grzywacz 2018). W tym wieloczynnikowym zjawisku istotne znaczenie odgrywają czynniki abiotyczne, między innymi występujące anomalie pogodowe. Zjawisko masowego zamierania olszy po raz pierwszy stwierdzono w Wielkiej Brytanii w 1995 roku (Gibbs 1995). W krótkim czasie rozprzestrzeniło się ono na całą Europę, dotykając także olszy szarej i sercowatej w Niemczech, Austrii, na Węgrzech oraz w Polsce i na Słowacji (Brasier et al 1995; Orlikowski et al. 2003; Jung, Blaschke 2004). Jednym ze szkodliwych czynników biotycznych są lęgniowce (Oomycetes), które powodują fytoftorozę w sztykach korzeniowych u podstawy pni zarówno w szkółkach, jak i w drzewostanach leśnych. Jako przyczynę choroby uznano jeden z gatunków *Phytophthora*. Gibbs (1995) opisał go jako takson podobny do *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisman, który jest powszechnym patogenem drzew liściastych. Następnie Brasier i in. (1999) wykazali, że patogen ten jest hybrydą międzygatunkową. Późniejsze badania dowiodły, że to hybryda trzech gatunków: *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk, *Phytophthora multiformis* Brasier & S.A. Kirk i *Phytophthora uniformis* (Brasier & S.A. Kirk) Husson, Ioos & Aguayo. Ten ostatni jest gatunkiem diploidalnym, *Phytophthora multiformis* jest allotetraploidem, a *Phytophthora alni* – allotriploidem zawierającym połowę genomu każdego z jego rodziców *Phytophthora multiformis* i *Phytophthora uniformis* (Husson et al. 2015). Gatunki *Phytophthora alni* i *Phytophthora multiformis* są szeroko rozpowszechnione w Europie, ale nie zidentyfikowano ich na innych kontynentach, natomiast *Phytophthora uniformis* wyizolowano zarówno w Europie, jak i w Ameryce Północnej (Navarro et al. 2015). Dotychczas w Polsce wykrywano tylko patogen *Phytophthora alni* (Trzewik et al. 2008). Oprócz wyżej wymienionych gatunków w ryzosferze i na pniach olch stwierdzono również obecność innych gatunków *Phytophthora*: *P. cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schröt., *P. cambivora*, *P. cinnamomi* Rands, *P. plurivora* T. Jung and T.I. Burgess, *P. gonapodyides* (H.E. Petersen) Buisman, *P. megasperma* Drechsler, *P. pseudosyringae* T. Jung & Delatour, *P. syringae* (Berk.) Kleb. i *P. lacustris* Brasier, Cacciola, Nechwatal, Jung & Bakonyi (Trzewik et al. 2008). Źródłem zakażenia może być zarówno woda, jak i gleba z sadzonkami, także asymptomatycznymi, które nie wykazują jeszcze objawów chorobowych (Orlikowski et al. 2013).

Jako przyczynę osłabienia drzew często wskazywano długotrwałe susze, dlatego celem niniejszych badań była ocena stanu zdrowotnego olsz rosnących wzdłuż cieków wodnych na terenie Nadleśnictwa Białowieża. Hipoteza

robocza zakładała, że więcej drzew obumarło w dalszej odległości od źródła wody, co świadczyłoby, że przyczyną zamierania mógłby być niedostatek wody w glebie (susza).

2. Materiał i metody

W celu określenia przyczyn zjawiska zamierania olszy czarnej *Alnus glutinosa* na terenie Nadleśnictwa Białowieża przeprowadzono badania wzdłuż brzegów rzeki Narewka. Wybrano 3 stanowiska obserwacyjne w ekosystemach nadrzecznych z przewagą olszy, pochodzenia odroślowego w wieku około 30–40 lat:

1. drzewostan olszowy na siedlisku olsu (52°69'N; 23°88'E), Nadleśnictwo Białowieża, leśnictwo Stoczek, oddział 476A;
2. olsze rosnące nad rzeką Narewka (52°70' N; 23°84' E);
3. drzewostan olszowy na terenie zalewowym (52°72'N; 23°74' E), Nadleśnictwo Białowieża, leśnictwo Batorówka, oddział 394 Ab.

Do lustracji wybrano odcinki rzeki o długości 100 m (punkty 1 i 2) oraz drzewostan olszowy (punkt 3), który został okresowo podtopiony przez rozlewające się wody rzeki.

Podczas prac terenowych liczone drzewa zdrowe, chore i martwe oraz mierzono odległość badanych drzew od brzegu rzeki. Za drzewa chore uznawano te z ażurową koroną wskutek zamierania pędów i drobienia liści, które przybierały jaśniejszy kolor (jasnożółtozielony). Badania prowadzono w 2012 roku oraz od lipca do września 2018 roku. W 2018 roku w celu zbadania obecności *Phytophthora* z każdego stanowiska pobrano po próbce gleby spod trzech olsz wykazujących symptomy choroby, jako najbardziej prawdopodobnego miejsca występowania tego patogenu, do analizy metodą real time PCR. Próbkę gleby pobierano szpadlem w odległości około 1 m od pni drzew z głębokości 20 cm w dwóch miejscach (około 0,5 kg) i mieszano razem.

Analiza obecności *Phytophthora* spp.

DNA z próbek gleby (0,5 g) wydzielano zestawem NucleoSpin Soil Kit (Macherey-Nagel, Düren, Germany) zgodnie z instrukcją producenta. Obecność gatunków z rodzaju *Phytophthora* w badanych próbkach określano za pomocą real time PCR. Jako kontrolę dodatnią stosowano DNA wydzielone z odpowiedniego gatunku *Phytophthora* rosnącego na płytce Petriego. Jako kontrolę ujemną do reakcji zamiast DNA dodawano odpowiednią ilość wody. Reakcje zachodziły w mieszaninie zawierającej 2 µl roztworu DNA, 10 µl 2 × LuminoCt Master Mix (Sigma–Aldrich, St. Louis, MO, USA), 2 µl F i R starterów (5 µM) i 0,2 µl sondy TaqMan (5 µM). Sekwencje sond i starterów stosowanych w analizie podano w tabeli 1. Profil termiczny reakcji: 3 min denaturacja wstępna w 95°C; następnie 40 cykli amplifikacji: denaturacja w 95°C, 30 s; przyłączanie starterów w 55°C, 30 s; synteza

w 72°C, 30 s (Nowakowska et al. 2016). Do identyfikacji *P. multiformis* (poprzednia nazwa *P. alni* subsp. *multiformis*) stosowano sondy i startery (Nowakowska et al. 2016), a do *P. cactorum* i *P. plurivora* sondy i startery opisane w publikacji (Nowakowska et al. 2017). Startery i sonda do identyfikacji *P. alni* zostały zaprojektowane w programie AlleleID (PREMIER Biosoft International, Palo Alto, CA, USA) wg standardowych wytycznych dla sond typu TaqMan (Dorak 2006). Startery i sondę do detekcji *P. alni* zaprojektowano w oparciu o sekwencję ITS (JF300250.1) dostępną w banku genów NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov). Sondy znakowano za pomocą fluorescencyjnego barwnika JOE na końcu 5' sondy oraz wyciszacza HBQ1 na końcu 3' (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Real time PCR przeprowadzono w aparacie RotorGene 6000 (Qiagen, Germany).

Do obliczeń statystycznych stosowano program Microsoft Excel 2019.

3. Wyniki

W obu inwentaryzacjach z 2012 i 2018 roku stwierdzono podobną liczbę drzew martwych (2012 – 11,4%; 2018 – 11,0%), natomiast w 2018 roku było 2,2 razy więcej drzew zdrowych (2012 – 27,8%; 2018 – 61,0%) (tab. 2). Zwiększeniu liczby drzew zdrowych towarzyszyło ponaddwukrotne zmniejszenie średniej odległości od wody z 23,3 m do 9,6 m. W przypadku drzew chorych i martwych średnia odległość od źródła wody nie zmieniła się. Drzewa rosnące 20 m od wody nie wykazywały żadnych objawów chorobowych, podczas gdy drzewa rosnące tuż przy brzegu były zazwyczaj martwe (tab. 2).

Tabela 1. Sekwencje starterów i sond stosowanych do identyfikacji *Phytophthora* w analizowanych próbkach

Table 1. Sequence of primers and probes used to identify *Phytophthora* in the analyzed samples

Gatunek Species	Starter F (5'–3') Primer F (5'–3')	Starter R (5'–3') Primer R (5'–3')	Sonda (5'–3') Probe F (5'–3')	Literatura References
<i>P. alni</i>	ctgtcgtatgcaaaagttg	atgggtttaaagataagg	acccaaacgctcgccat	w tym badaniu in this study
<i>P. multiformis</i>	ccgtatcaaccacttag	cacagatgttcagtattcaa	cggcctggctgctgatatca	Nowakowska et al. 2016
<i>P. cactorum</i>	acgtgaaccgtttcaaac	cagccgccaacaataaag	cagccgccaccagacaagac	Nowakowska et al. 2017
<i>P. plurivora</i>	ccgtatcaacccttttag	gcagtataatcagtattgtaga	ccccgcagtataatcagtattgtaga	Nowakowska et al. 2017

Tabela 2. Liczba zdrowych, chorych i martwych drzew w zależności od odległości do koryta rzeki Narewka

Table 2. Number of healthy, sick and dead trees depending on the distance to the bank of the Narewka River

Drzewa Trees	Średnia odległość od koryta rzeki [m] ± SEM w 2012 r. Mean distance from the bank of river [m] ± SEM in 2012	Liczba drzew Number of trees	Średnia odległość od koryta rzeki [m] ± SEM w 2018 r. Mean distance from the bank of river [m] ± SEM in 2018	Liczba drzew Number of trees
Drzewa zdrowe Healthy trees	23,3 ± 7,22	22	9,6 ± 3,38	50
Drzewa chore Sick trees	9,3 ± 4,58	48	9,3 ± 4,06	23
Drzewa martwe Dead trees	3,4 ± 1,60	9	3,4 ± 2,67	9
Razem Total		79		82

Drzewa zdrowe 2012–2018, $p < 0,01$ / Healthy trees 2012–2018, $p < 0,01$

Drzewa zdrowe – chore 2012, $p < 0,01$ / Healthy trees – sick trees 2012, $p < 0,01$

Drzewa chore – martwe 2012, $p < 0,05$ / Sick trees – dead trees 2012, $p < 0,05$

Drzewa chore – martwe 2018, $p < 0,01$ / Sick trees – dead trees 2018, $p < 0,01$

Real time PCR pozwala wykryć obecność *Phytophthora* w próbkach gleby. Wynik reakcji jest wyrażany jako wartość cyklu progowego C_t (threshold cycle), oznaczająca numer cyklu PCR, w którym aparat wykrył emisję fluorescencji sondy w badanej próbce. Im niższa wartość C_t , tym większa ilość patogenu. Wartość C_t powyżej 40 świadczyła o braku obecności DNA badanego gatunku w próbce. Analiza wykazała obecność w glebie dwóch patogenów: *P. alni* ($C_t=35,57$) na stanowisku 2 i *P. cactorum* ($C_t=36,77$) na stanowisku 3 (tab. 3). Analiza nie wykazała obecności *P. multiformis* i *P. plurivora* w badanych próbkach gleby.

4. Dyskusja

Początkowo sądzono, że zamieranie olsz może być spowodowane suszą (Oszako 2005), jednak obecne badania wykazały, że najwięcej drzew martwych jest nad brzegiem rzeki (tab. 2). Długa susza, występująca w Białowieży w 2015 roku (Nowakowska et al. 2020), mogła być przyczyną tego, że w 2018 r. zdrowe drzewa zlokalizowane były bliżej rzeki niż w 2012 r. W południowo-wschodniej Pol-

sce stwierdzono występowanie dziesięciu gatunków *Phytophthora*, w tym również *P. alni* i *P. cactorum* na pniach i w ryzosferze olszy (Trzewik et al. 2015). Występowanie *P. cactorum* odnotowano nad Zalewem Siemianówka położonym na terenie dwóch państw – Białorusi i Polski (Malewski et al. 2019). W olsach Białorusi stwierdzono występowanie *P. alni* (Zviagintsev et al. 2015). Narewka wypływa z uroczyska Dziki Nikor i Kuty na terytorium Białorusi na wysokości 159 m n.p.m. i wpływa do Narwi na wysokości 137 m n.p.m. (Górniak 2006). Zatem *Phytophthora* może przenosić się z jej wodami (Cahill et al. 2008), a różnica poziomów zapewnia zarodnikom płytkowym możliwość przemieszczania się wraz z prądem i infekowanie napotkanych drzew. Występowanie *P. cactorum* zaobserwowano również na odcinku polsko-ukraińskim w rejonie Włodzimierza Wołyńskiego, Jarosławia i Medyki (Matsiakh et al. 2016).

Phytophthora może być przenoszona nie tylko przez wodę, ale i przez ptaki. Szczególnie często *P. cactorum* przenoszą: czyż *Carduelis spinus*, dzwonec zwyczajny *Chloris chloris* L. i modraszka *Parus caeruleus* L. (Ma-

Tabela 3. Analiza obecności *Phytophthora* w próbkach gleby
Table 3. Analysis of the presence of *Phytophthora* in soil samples

Stanowisko Place	Próbka Sample	Wartość C_t C_t value			
		<i>P. alni</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>P. multiformis</i>	<i>P. plurivora</i>
Stanowisko 1 Place 1	Próbka 1 Sample 1	>40	>40	>40	>40
	Próbka 2 Sample 2	>40	>40	>40	>40
	Próbka 3 Sample 3	>40	>40	>40	>40
Stanowisko 2 Place 2	Próbka 1 Sample 1	>40	>40	>40	>40
	Próbka 2 Sample 2	>40	36,77	>40	>40
	Próbka 3 Sample 3	>40	>40	>40	>40
Stanowisko 3 Place 3	Próbka 1 Sample 1	35,57	>40	>40	>40
	Próbka 2 Sample 2	>40	>40	>40	>40
	Próbka 3 Sample 3	>40	>40	>40	>40

lewski et al. 2019). Biorąc pod uwagę występowanie *Phytophthora* nad Zalewem Siemianówka i wzdłuż polsko-ukraińskiej granicy, można oczekiwać, że występuje ona również w naturalnych zbiorowiskach leśnych Puszczy Białowieskiej. Stwierdzenie obecności *Phytophthora* w próbkach gleby pobranych spod chorych olsz sugeruje, że może ona być przyczyną ich zamierania w Nadleśnictwie Białowieża.

5. Wnioski

Największa liczba chorych i martwych olsz występuje najbliżej brzegu rzeki Narewka, co upoważnia do odrzucenia założonej hipotezy o niedostatku wody w glebie jako przyczynie ich zamierania.

W próbach gleby pobranych z terenu Nadleśnictwa Białowieża stwierdzono (metodą real time PCR) obecność dwóch patogenów: *P. alni* i *P. cactorum*.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródło finansowania badań

W pracy wykorzystano wyniki badań Instytutu Badawczego Leśnictwa finansowanych ze środków Lasów Państwowych.

Literatura

- Cahill D.M., Rookes J.E., Wilson B.A., Gibson L., McDougall K.L. 2008. *Phytophthora cinnamomi* and Australia's biodiversity: impacts, predictions and progress towards control. *Australian Journal of Botany* 56: 279–310. DOI 10.1071/BT07159.
- Claessens H., Oosterbaan A., Savill P., Rondeux J. 2010. A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry* 83(2): 163–175. DOI 10.1093/forestry/cpp038.
- Brasier C.M., Rose J., Gibbs J.N. 1995. An unusual *Phytophthora* associated with widespread alder mortality in Great Britain. *Plant Pathology* 44: 999–1007. DOI 10.1111/j.1365-3059.1995.tb02658.x.
- Brasier C.M., Cooke D.E.L., Duncan J.M. 1999. Origin of a new *Phytophthora* pathogen through interspecific hybridization. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 96(10): 5878–5883. DOI 10.1073/pnas.96.10.5878.
- Dorak M.T. 2006. Real time PCR (Advanced Methods Series). Taylor and Francis, Oxford, UK, 333 s. ISBN 041537734X.
- Gibbs J. 1995. *Phytophthora* root disease of alder in Britain. *EPPO Bulletin* 25: 661–664. DOI 10.1111/j.1365-2338.1995.tb01118.x.
- Górniak A. (red.) 2006. Ekosystem zbiornika Siemianówka w latach 1990–2004 i jego rekultywacja. Białystok, Zakład Hydrobiologii Uniwersytetu w Białymstoku, 235 s. ISBN 8374310936.
- Husson C., Aguayo J., Revellin C., Frey P., Ioos R., Marçais B. 2015. Evidence for homoploid speciation in *Phytophthora alni* supports taxonomic reclassification in this species complex. *Fungal Genetics and Biology* 77: 12–21. DOI 10.1016/j.fgb.2015.02.013.
- Jaworski A. 2011. Hodowla lasu. Tom 3. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. Warszawa, PWRiL, 640 s. ISBN 978-83-09-01117-0.
- Jung T., Blaschke M. 2004. *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathology* 53: 197–208. DOI 10.1111/j.0032-0862.2004.00957.x.
- Malewski T., Brzezinska B., Lassaad B., Oszako T. 2019. Role of avian vectors in the spread of *Phytophthora* species in Poland. *European Journal of Plant Pathology* 155(4): 1363–1366. DOI 10.1007/s10658-019-01840-w.
- Matsiakh I., Oszako T., Kramarets V., Nowakowska J.A. 2016. *Phytophthora* and *Pythium* species detected in rivers of the Polish-Ukrainian border areas. *Baltic Forestry* 22(2): 230–238.
- Navarro S., Sims L., Hansen E.M. 2015. Pathogenicity to alder of *Phytophthora* species from riparian ecosystems in western Oregon. *Forest Pathology* 45: 358–366. DOI 10.1111/efp.12175.
- Nowakowska J.A., Malewski T., Tereba A., Borys M., Oszako T. 2016. Molekularna diagnostyka wybranych patogenów z rodzaju *Phytophthora* w szkółkach dębu szypułkowego i buka zwyczajnego w ramach integrowanej ochrony roślin. *Sylwan* 160(5): 365–370. DOI 10.26202/sylwan.2015070.
- Nowakowska J.A., Malewski T., Tereba T., Borys M., Kubiak K., Tkaczyk M., Oszako T. 2017. Rapid diagnosis of pathogenic *Phytophthora* species in soil by real time PCR. *Forest Pathology* 47(2): e12303. DOI 10.1111/efp.12303.
- Nowakowska J.A., Hsiang T., Patynek P., Stereńczak K., Olejarski I., Oszako T. 2020. Health assessment and genetic structure of monumental Norway Spruce trees during a bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak in the Białowieża Forest District, Poland. *Forests* 11(6): 647. DOI 10.3390/f11060647.
- Orlikowski L.B., Oszako T., Szkuta G. 2003. Alder *Phytophthora* in Poland: occurrence and plants colonization. *Communications in agricultural and applied biological sciences* 68(4 Pt B): 705–709.
- Orlikowski L.B., Ptaszek M., Trzewik A., Orlikowska T. 2013. Woda jako źródło zagrożenia roślin w środowisku przez *Phytophthora* spp. *Polish Journal of Agronomy* 15: 8–13.
- Oszako T. 2005. Alder decline in Poland, in: Diseases and insects in forest nurseries. The sixth meeting of the IuFRo Working Party 7.03.04, 129–137.
- Sierota Z. 2001. Choroby lasu. Warszawa, CILP, 99 s. ISBN 83-88478-18-4.
- Trzewik A., Orlikowska T., Oszako T. 2008. Zagrożenie olszy czarnej przez *Phytophthora alni* w Polsce. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 529: 227–233.
- Trzewik A., Orlikowski L., Oszako T., Nowakowska J.A., Orlikowska T. 2015. The characterization of *Phytophthora* isolates obtained from diseased *Alnus glutinosa* in Poland. *Baltic Forestry* 21(1): 44–50.
- Pancer-Kotejowa E., Zarzycki K. 1980. Zarys ekologii, w: Białobok S. (red.). Olsze *Alnus* Mill. PWN, Warszawa – Poznań, 229–257.
- Piętka J., Grzywacz A. 2018. Grzyby wielkoowocnikowe stwierdzone na olszy czarnej *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. w drzewostanach olszowych wykazujących objawy zamierania. *Sylwan* 162(1): 22–31. DOI 10.26202/sylwan.2017109.

Zvyagintsev V.B., Baranov O.Yu., Pantelev S.V. 2015. Prodviženie invazii oomiceta Phytophthora Alnibrasier et s.a. Kirk na vostok – pervaa nahodka patogena v Belarusi www.belstu.by/Portals/0/Zviagintsev-Baranov-Pantelev--2015.pdf . [7.08.2020].

Wkład autorów

J.A.N. – analiza wyników, redakcja tekstu; R.T. – eksperyment, analiza wyników; T.M. – eksperyment, analiza wyników, redakcja tekstu; T.O. – koncepcja, analiza wyników, redakcja tekstu.