

JACEK PIĘTKA, PIOTR ŁAKOMY, HUBERT LACHOWICZ

## Wpływ grzybni *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. na drewno *Paulownia* COTE-2 w warunkach laboratoryjnych

Influence of the *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. mycelium on *Paulownia* COTE-2 wood *in vitro*

### ABSTRACT



Piętka J., Łakomy P., Lachowicz H. 2021. Wpływ grzybni *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. na drewno *Paulownia* COTE-2 w warunkach laboratoryjnych. Sylwan 165 (5): 402-411. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2021040>.

*Paulownia* is one of the fastest growing trees in the world. This species appears more and more often in plantations of trees in Poland. However, there is a potential threat to the success of the plantation, i.e. root pathogens including *Heterobasidion annosum*. The aim of the study was to test the ability of two strains of *H. annosum* to decompose paulownia wood in laboratory conditions. Pure mycelial cultures (Ha9X320 and Ha2003 strains) for the research came from the culture collection of the Department of Forest Phytopathology at the University of Life Sciences in Poznań, while the wood of *Paulownia* COTE-2 was obtained from plantations in the Granada region, Spain. Before experiments, wood samples (20×20×30 mm) were autoclaved twice on consecutive days at 121°C (for 20 min on the first day and 10 min on the other one). Following sterilization, the samples were left for several hours to cool down. Then, they were soaked for an hour in cool sterile distilled water to increase their initial moisture content. Two paulownia wood samples were placed in each of 40 Kolle flasks containing 2-week-old *H. annosum* mycelium cultured on 30 mL of MEA medium. After 60 days samples were removed from the half of flasks, cleaned of the mycelium growing on them, and then dried at 105°C until absolutely dry. After 120 days, the remaining samples were removed from the flasks. The percent loss of wood weight was calculated by comparing the initial and final absolute dry weight of the samples. Wood of *Paulownia* COTE-2 shows considerable resistance to decomposition caused by the mycelium of *H. annosum* in laboratory conditions. The tested strains of *H. annosum* after 120 days of the experiment caused a slight weight loss of the wood samples (on average by 0.56% for two strains). There were no statistical differences between the strains used in the study.

### KEY WORDS

*Heterobasidion*, wood decay, white pocket rot, paulownia COTE-2

### ADDRESSES

Jacek Piętka <sup>(1)</sup> – e-mail: [jacek\\_pietka@sggw.edu.pl](mailto:jacek_pietka@sggw.edu.pl)

Piotr Łakomy <sup>(2)</sup> – e-mail: [piotr.lakomy@up.poznan.pl](mailto:piotr.lakomy@up.poznan.pl)

Hubert Lachowicz <sup>(3)</sup> – e-mail: [hubert\\_lachowicz@sggw.edu.pl](mailto:hubert_lachowicz@sggw.edu.pl)

<sup>(1)</sup> Katedra Ochrony Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

<sup>(2)</sup> Wydział Leśny i Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

<sup>(3)</sup> Katedra Użytkowania Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

## Wstęp

Paulownia jest szybko rosnącym drzewem liściastym, pochodzącym z Azji, należącym do rodziny Paulowniaceae. Najważniejsze gatunki z rodzaju *Paulownia* to: *P. albiphloea*, *P. australis*, *P. catalpifolia*, *P. elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. kawakamii*, *P. taivaniana* i *P. tomentosa*. Gatunki z tego rodzaju są dobrze przystosowane do wzrostu w zróżnicowanych warunkach glebowych i klimatycznych. W Chinach paulownia rośnie zarówno na równinach, jak i na terenach położonych na znacznych wysokościach (do 2000 stóp) [Zhu i in. 1986; Yadav i in. 2013]. Paulownia w warunkach tropikalnych jest gatunkiem zimozielonym, natomiast w warunkach klimatu umiarkowanego Europy zrzuca liście na zimę, a pędy narażone są na przemarzanie. Drzewa dożywają do 75-80 lat [Zhu i in. 1986].

Ze względu na szybki wzrost, względną odporność i liczne zastosowania zainteresowanie tym gatunkiem znacznie wzrosło, a intensywne plantacje kilku gatunków i mieszańców paulowni można znaleźć na całym świecie [Yadav i in. 2013]. W ostatnich latach coraz częściej pojawia się także na plantacjach drzew szybko rosnących w Europie, w tym w Polsce [Jacek, Litwińczuk 2016; Smarul i in. 2018; Kozakiewicz i in. 2020]. Szacuje się, że w Polsce przez 3 lata sprzedano ponad 300 tys. sadzonek paulowni odmiany 'Oxytree'. Sprzedawane były też odmiany 'Cotevisa 2' (COTE-2) i 'Shan Thong' [Jakubowski i in. 2018; Matuszak 2018]. W europejskich laboratoriach nadal trwają prace nad nowymi lub udoskonalonymi odmianami. W hiszpańskim laboratorium Cotevisa w Walencji opatentowana i ulepszana jest hybryda, która dostosowywana jest do wzrostu w umiarkowanym klimacie Europy Środkowej. Odmiana 'Cotevisa 2' to krzyżówka *P. elongata* z *P. fortunei* zarejestrowana pod numerem 2007/1679 we Wspólnotowym Urzędzie Ochrony Odmiany Roślin (CPVO) [Lachowicz, Giedrowicz 2020]. Producent klonu COTE-2 zapewnia, że hybrydę tę cechują wyjątkowe właściwości wzrostu, wysokiej jakości drewno i duża odporność na szkodliwe oddziaływanie czynników klimatycznych. W trakcie tworzenia klonu COTE-2 o wyborze cech selekcyjnych decydowała nie tylko wielkość przyrostów, ale przede wszystkim jakość pozyskiwanego drewna ([www.ipaulownia.com/en](http://www.ipaulownia.com/en)).

Drewno paulowni dzięki swym właściwościom jest wykorzystywane w wielu dziedzinach, m.in. w meblarstwie i budownictwie oraz przy produkcji instrumentów, nart, desek surfingowych, skrzynek do owoców, żaluzji okiennych, beczek, wnętrz jachtów, samolotów, samochodów, łodzi czy kajaków. Może być również używane do wytwarzania biopaliwa i w przemyśle celulozowo-papierniczym ([www.ipaulownia.com/en](http://www.ipaulownia.com/en)) [Ashori, Nourbakhsh 2009; López i in. 2012; Kiaei 2013; Kozakiewicz 2013; Icka i in. 2016; Jakubowski i in. 2018; Woźniak i in. 2018; Lachowicz, Giedrowicz 2020]. Różne części tej rośliny (liście, kwiaty, owoce, drewno, kora, korzenie i nasiona) używane są do leczenia pewnych dolegliwości i chorób [Ji i in. 2015; He i in. 2016].

W wyniku intensywnych działań marketingowych obserwuje się duże zainteresowanie hodowlą hybryd paulowni w Polsce, ze względu na potencjalną możliwość uzyskania dużej miąższości surowca tego gatunku w krótkim czasie. Istnieje jednak zagrożenie dla powodzenia plantacji, czyli wyhodowania drewna dobrej jakości. Jest nim jeszcze niezbadany wpływ patogenów korzeniowych, w tym korzeniowca wieloletniego, na stan zdrowotny paulowni w warunkach plantacyjnych, m.in. na gruntach porolnych.

W Polsce huba korzeni (*Heterobasidion* spp.) powoduje duże straty w drzewostanach iglastych wszystkich klas wieku, zwłaszcza będących pierwszym pokoleniem lasu na gruntach porolnych [Łakomy, Cieślak 2008; Sierota 2013; Sierota i in. 2019]. W Polsce występowanie huby korzeni zarejestrowano w 2019 roku na łącznej powierzchni 97,1 tys. ha. [Krótkoterminowa... 2020]. W Europie w obrębie rodzaju *Heterobasidion* występują 3 gatunki: korzeniowiec sosnowy *H. annosum* (Fr.) Bref., korzeniowiec drobnopory *H. parviporum* Niemelä & Korhonen i korzeniowiec jodłowy

*H. abietinum* Niemelä & Korhonen [Niemelä, Korhonen 1998]. Przeprowadzone przez Łakomego i in. [2000] badania pokazują, że w Polsce występują wszystkie te gatunki.

*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. to grzyb należący do rodziny Bondarzewiaceae, rzędu Russulales, klasy Agaricomycetes ([www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org)). Gatunek ten jest sprawcą białej jamkowatej zgnilizny drewna korzeni i odziomka drzew iglastych, rzadziej liściastych [Ryvarden, Gilbertson 1993]. W Polsce występuje on najczęściej na *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Abies alba* i *Larix decidua*, czasami na gatunkach liściastych: *Betula pendula*, *Fagus sylvatica*, *Prunus serotina* oraz *Quercus rubra* [Łakomy 1996; Łakomy, Werner 2003; Wojewoda 2003; Łakomy, Cieślak 2008]. Drzewa liściaste są znacznie mniej podatne, ale mogą zostać zaatakowane, gdy rosną w sąsiedztwie gatunków iglastych lub w nieodpowiednich miejscach, np. narażonych na zanieczyszczenia przemysłowe [Korhonen, Stenlid 1998]. Rutynowym działaniem w drzewostanach sosnowych, które utraciły stabilność z powodu występowania *H. annosum*, jest zmiana sposobu zagospodarowania, w tym wprowadzanie innych gatunków. W wielu przypadkach wykorzystuje się do tego gatunki liściaste [Łakomy, Cieślak 2008]. *H. annosum* jest w stanie przetrwać przez wiele lat w systemach korzeniowych chorych drzew i może łatwo atakować drzewa posadzone na zainfekowanych stanowiskach, również gatunki liściaste (brzozy, buki) [Lygis i in. 2004; Łakomy, Cieślak 2008]. Łakomy i Cieślak [2008] stwierdzili, że *H. annosum* przyczynia się do zamierania *Fagus sylvatica* na takich powierzchniach, a obserwowane objawy choroby obejmowały żółknięcie liści, więdnienie i obecność owocników tego grzyba wokół szyi korzeniowej młodych drzew.

Celem pracy było ustalenie, czy grzybnia *H. annosum* jest w stanie rozkładać drewno paulowni COTE-2 i ewentualnie w jakim tempie dokonuje tego rozkładu w warunkach laboratoryjnych.

## Materiał i metody

Drewno paulowni COTE-2 do badań dotyczących tempa rozkładu drewna przez *Heterobasidion annosum* pochodziło z 6-letniej plantacji w rejonie Grenady w Hiszpanii. Po pierwszym roku od założenia plantacji drzewka ścięto, a z pniaków wyrosły drzewa, które wycięto po 5 latach wzrostu. Dolna średnica pozyskanych drzew wynosiła 25-30 cm, natomiast wysokość około 12 m. Do doświadczeń użyto próbek drewna o wymiarach: 20×20×30 mm (ostatni wymiar wzdłuż włókien), pobranych z 5 drzew, z wysokości od około 2 do 3 m [Lachowicz, Giedrowicz 2020]. Podstawowe procedury postępowania podczas badań dotyczących rozkładu próbek drewna paulowni wykonano, kierując się wytycznymi norm PN-EN 350-1 [2000] i EN 113 [European... 1996]. Przed doświadczeniem próbki ponumerowano i zważono na wadze laboratoryjnej Sartorius BP 150 (Sartorius AG, Göttingen, Germany) z dokładnością do 0,001 g w celu ustalenia masy w warunkach powietrzno-suchych. Do określenia wymiarów próbek i obliczenia objętości wykorzystano suwmiarkę elektroniczną Digital Caliper o dokładności 0,01 mm. W celu ustalenia przeciętnej wilgotności próbek po klimatyzacji wysuszono 5 losowo wybranych próbek w suszarce Memmert UE 500 (MEMMERT GmbH+Co.KG, Schwabach, Germany) w temperaturze 105 ±1°C do stanu absolutnie suchego i zważono. Następnie obliczono teoretyczną absolutnie suchą masę każdej próbki przed testem rozkładu według wzoru:

$$M_{t0} = 100 \cdot M_u / (100 + u)$$

gdzie:

$M_{t0}$  – teoretyczna absolutnie sucha masa próbki [g],

$M_u$  – masa próbki po klimatyzacji [g],

$u$  – przeciętna wilgotność próbek po klimatyzacji [%].

We wcześniejszych badaniach tej samej partii drewna paulowni Lachowicz i Giedrowicz [2020] stwierdzili, że jego gęstość przy wilgotności 12% wynosi średnio  $270 \text{ kg/m}^3$ , natomiast gęstość drewna o wilgotności 0% – średnio  $233 \text{ kg/m}^3$ .

W doświadczeniu użyto dwóch szczepów grzyba *Heterobasidion annosum*. Czyste kultury grzybni (szczepy Ha9X320 oraz Ha2003) pochodziły z kolekcji kultur Katedry Fitopatologii Leśnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Szczep Ha9X320 został wyizolowany z zamarłego buka z terenu Nadleśnictwa Tuczo, natomiast szczep Ha2003 z pniaka sosnowego z terenu Nadleśnictwa Lutówko.

Przed doświadczeniem 160 próbek drewna (po 80 dla danego szczepu *H. annosum*) poddano dwukrotnej sterylizacji w autoklawie (druga sterylizacja po 24 godzinach), w temperaturze  $121^\circ\text{C}$ . Pierwszego dnia materiał sterylizowano przez 20 min, drugiego dnia przez 10 min. Po sterylizacji próbki drewna przenoszono do komory laminarnej i pozostawiano do wystudzenia na 2-3 godziny, następnie moczo przez godzinę w wystudzonej sterylnej wodzie destylowanej w celu podniesienia wilgotności początkowej.

Dla każdego wariantu doświadczenia zastosowano 40 kolb Kollego z 30 ml pożywki agarowo-maltozowej (proporcje na 1 litr pożywki MEA: 1000 ml woda destylowana; 15 g agar, BACTO, Becton, Dickinson and Company, Sparks, USA; 20 g ekstrakt maltozowy, DIFCO, Becton, Dickinson and Company, Sparks, USA), na którą przeszczepiano czystą kulturę *H. annosum* danego szczepu grzyba. Po 2 tygodniach na grzybnię kładziono po 2 próbki drewna. Kolby umieszczono na 120 dni w cieplarni Q-Cell 700 (Poll Lab, Wilkowice, Poland), gdzie panowała stała temperatura  $22^\circ\text{C}$  i wilgotność  $70 \pm 5\%$ . Po 60 dniach losowo wybierano 20 kolb z każdego wariantu (40 próbek). Pozostałe próbki drewna wyjmowano po 120 dniach doświadczenia. Próbki oczyszczano z obrastającej je grzybni, a następnie poddawano procesowi suszenia do stanu absolutnie suchego. Porównując obliczoną teoretyczną absolutnie suchą masę początkową i końcową suchą masę każdej próbki, ustalano skorygowany ubytek masy drewna.

Zgodność danych z rozkładem normalnym zweryfikowano testem Shapiro-Wilka, a jednorodność wariancji testem Levene'a. Przy zastosowaniu parametrycznego testu Tukeya przetestowano różnice pomiędzy masą próbek drewna będących pod wpływem działania dwóch różnych szczepów *H. annosum* po 120 dniach trwania doświadczenia. Dokonano również porównania masy próbek przed doświadczeniem i po 120 dniach doświadczenia dla każdego badanego izolatu. Analizę statystyczną wykonano w programie Statistica 13 (StatSoft, Inc.).

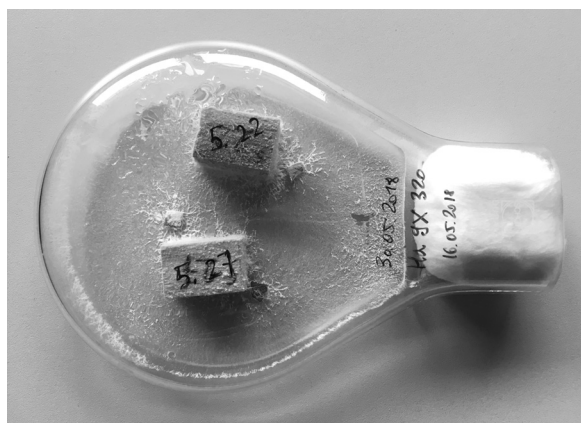
## Wyniki

Próbki drewna paulowni COTE-2 zostały całkowicie obrośnięte przez grzybnię *Heterobasidion annosum* (ryc. 1).

Masa próbek drewna paulowni COTE-2 zasiedlonych przez grzybnię *H. annosum* w czasie trwania doświadczenia zmieniała się nieznacznie (tab.). Po 60 dniach stwierdzono niewielki wzrost masy próbek w przypadku obu szczepów, przy czym nieco większy (0,44%) dla szczepu Ha 9X320. Natomiast po 120 dniach odnotowano nieznaczny ubytek masy drewna (średnio dla obu szczepów 0,56% masy). Rozpiętość zmiany masy po 120 dniach trwania doświadczenia wśród pojedynczych próbek wahała się dla szczepu Ha 2003 od wzrostu masy (1,69%) do ubytku masy (1,91%) oraz dla szczepu Ha 9X320 odpowiednio 1,13 i 1,63%.

Wilgotność początkowa próbek przed doświadczeniem wynosiła średnio 45,52% dla szczepu Ha2003 oraz 37,02% dla Ha9X320, natomiast w czasie trwania doświadczenia utrzymywała się na poziomie 68,54% po 60 dniach oraz 56,74% po 120 dniach doświadczenia (tab.).

Średnia masa próbek drewna paulowni była nieznacznie wyższa po 60 dniach doświadczenia (3,185 g) niż przed zainfekowaniem grzybnią *H. annosum* (3,176 g). Natomiast średnia



Ryc. 1.

Próbki drewna paulowni COTE-2 poddane działaniu grzybni *Heterobasidion annosum* (szczep Ha 9X320) w kolbie Kollego (fot. J. Piętka)

Paulownia COTE-2 wood samples exposed to *Heterobasidion annosum* mycelium (Ha 9X320 strain) in a Kolle flask

Tabela.

Średnia ( $\pm$ odchylenie standardowe) wilgotność [%] oraz wzrost i ubytek masy [%] drewna paulowni COTE-2 po 60 i 120 dniach doświadczenia rozkładowego z izolatami *Heterobasidion annosum*

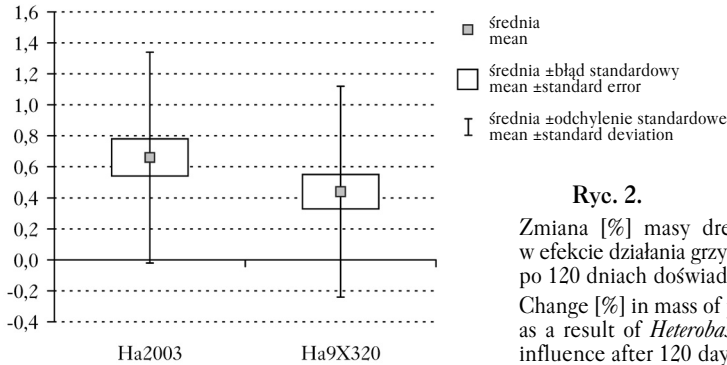
Mean ( $\pm$ standard deviation) moisture content (Wilgotność [%]) as well as mass gain (Wzrost masy [%]) or loss (Ubytek masy [%]) for paulownia COTE-2 wood after 60 and 120 days for the decomposition experiment with *Heterobasidion annosum* strains

	Wilgotność		Wzrost masy 60	Ubytek masy 120
	60	120		
Ha 2003	70,36 $\pm$ 3,62	59,28 $\pm$ 10,98	0,10 $\pm$ 0,57	0,68 $\pm$ 0,69
Ha 9X320	66,89 $\pm$ 3,76	54,20 $\pm$ 13,39	0,44 $\pm$ 0,48	0,45 $\pm$ 0,68
Razem In total	68,54 $\pm$ 4,07	56,74 $\pm$ 12,43	0,28 $\pm$ 0,55	0,56 $\pm$ 0,69

masa próbek drewna po 120 dniach doświadczenia była nieznacznie niższa (2,867 g) niż przed zainfekowaniem grzybnią (2,883 g), a stwierdzony ubytek masy wynosił 0,68 g dla szczepu Ha2003 oraz 0,45 g dla szczepu Ha9X320. Stwierdzono brak istotnych różnic między masą klocków drewna porośniętych grzybnią szczepu Ha2003 a masą klocków porośniętych grzybnią szczepu Ha9X320 po 120 dniach trwania doświadczenia (ryc. 2). Nie wykazano również istotnych statystycznie różnic w przypadku porównania masy próbek przed doświadczeniem i po 120 dniach trwania doświadczenia dla poszczególnych izolatów.

## Dyskusja

Paulownia uznawana jest za roślinę mało podatną na choroby i szkodniki [Barton i in. 2007; Woźniak i in. 2018]. Wydaje się, że jednym z ważniejszych zagrożeń dla tego gatunku są pojawiające się deformacje, tzw. czarcie miotły, które powodowane są przez fitoplazmy [Hiruki 1999; Bayliss i in. 2005; Barton i in. 2007; Liu i in. 2013; Fan i in. 2016; Wang i in. 2017]. Phillips i Burdekin [1992] piszą o występowaniu na liściach paulowni plamistości wywołanej przez *Phyllosticta paulowniae* i *Ascochyta paulowniae*. Mehrotra [1997] na liściach paulowni stwierdził *Corynespora cassiicola*, *Cercospora* sp., *Pseudocercospora* sp., *Rhizoctonia solani* i *Phytophthora nicotianae*. Natomiast Ray i in. [2005] donoszą, że na plantacjach *P. fortunei* w Australii Zachodniej występuje *Alternaria alternata* complex, powodując nekrozy liści oraz zmiany chorobowe na ogonkach liściowych, gałęziach i pniach. Barton i in. [2007] wymieniają w opracowaniu o paulowni dwa gatunki grzybów: *Fusarium merismoides* (powodujący zamieranie pędów) oraz *Phoma macrostoma* (powodujący plamistość liści), przypisując im jednak niewielkie znaczenie.



Ryc. 2.

Zmiana [%] masy drewna paulowni COTE-2 w efekcie działania grzybni *Heterobasidion annosum* po 120 dniach doświadczenia

Change [%] in mass of paulownia COTE-2 wood as a result of *Heterobasidion annosum* mycelium influence after 120 days of experiment

Pojawiają się również doniesienia o występowaniu na drzewach z rodzaju *Paulownia* grzybów powodujących rozkład drewna. Paclt [2009] wymienia 25 taksonów grzybów z klasy Basidiomycetes stwierdzonych na rodzaju *Paulownia*, w tym sprawcę zgnilizny korzeni *Armillaria mellea*. Bayliss i in. [2007] donoszą o występowaniu na żywych drzewach z rodzaju *Paulownia* grzyba *Pycnoporus cinnabarinus* jako pierwotnego patogenu na komercyjnych plantacjach w zachodniej części Australii. Jednak drzewa, które wykazywały objawy porażenia, zostały wcześniej fizycznie uszkodzone przez maszyny lub podczas przesadzania. W niektórych przypadkach infekcja związana była prawdopodobnie z uszkodzeniem kory spowodowanym oparzeniem słonecznym [Bayliss i in. 2007]. W Indiach na systemie korzeniowym zmarłych drzew *P. fortunei* stwierdzono *Abortiporus biennis* [Mehrotra, Mehrotra 2000; Misra i in. 2001]. Barton i in. [2007] opisują przypadki zamierania paulowni w Nowej Zelandii, które zostały przypisane grzybom z rodzaju *Armillaria*. Milenković i in. [2018] donoszą o zamieraniu drzew *Paulownia tomentosa* na 5-letniej plantacji w Serbii, gdzie ponad 80% drzew wykazywało objawy zamierania, uległo złamaniom, a na pniach i pędach widoczny był rozkład drewna oraz owocniki. Po badaniach morfologicznych i analizach genetycznych wyizolowanej grzybni stwierdzono, że zamieranie powoduje grzyb *Trametes hirsuta*, sprawca białej jednolitej zgnilizny drewna, a możliwą drogą zakażenia są rany powstałe podczas przycinania drzew. W Paragwaju podczas badań dotyczących zamierania paulowni (*P. taiwaniana*) uzyskano z wewnętrznej tkanki kory u podstawy pnia izolat grzyba *Hymenochaete* sp. [Watanabe 1988], jednak grzyb ten pojawił się prawdopodobnie wtórnie, ponieważ gatunki należące do rodzaju *Hymenochaete* zaliczane są do saprotrofów powodujących biały rozkład drewna [Wojewoda 2003]. W polskich warunkach na sadzonkach paulowni 'Shan Thong' rosnących na poletku doświadczalnym, które zostało założone w 2017 roku na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Murowanej Goślinie w pobliżu Poznania, obserwowano owocniki rozszczepki pospolitej (*Schizophyllum commune* Fr.) [Smarul i in. 2018]. W żadnej z prac nie ma jednak informacji o występowaniu na paulowni grzybów z rodzaju *Heterobasidion*.

W trakcie badań średnia wilgotność próbek drewna paulowni COTE-2 zawierała się w przedziale od 54,20% (szczep Ha 9X320 po 120 dniach doświadczenia) do 70,36% (szczep Ha 2003 po 60 dniach). Uzyskane wartości wilgotności próbek drewna po teście rozkładu (tab.) wskazują na poprawne warunki doświadczenia. Schwarze i in. [2000] podają, że optimum wilgotności drewna dla grzybów powodujących jego rozkład zawiera się najczęściej pomiędzy 40 a 70%.

Po 60 dniach doświadczenia stwierdzono niewielki wzrost masy próbek drewna paulowni w przypadku obu badanych szczepów *H. annosum*. Sytuacja taka może mieć związek z zasiedleniem naczyni drewna paulowni przez grzybnięć, przy znikomym rozkładzie drewna lub jego braku. Korhonen i Stenlid [1998] podają, że w warunkach laboratoryjnych na pożywce w tempe-



raturze 20-22°C czysta kultura *H. annosum* może przyrastać do 9 mm na dzień. Jones i Worrall [1995], badając udział biomasy grzybni w rozkładanym drewnie (używając jako wskaźnika glukozy), stwierdzili, że biomasa grzybni w drewnie może w niektórych przypadkach przekraczać nawet 30% masy (np. próbki drewna brzozy po 12 tygodniach rozkładu przez *Trametes versicolor* zawierały 31,3% biomasy grzyba).

Po 120 dniach odnotowano nieznaczny ubytek masy drewna paulowni, wynoszący dla obu szczepów *H. annosum* średnio 0,56% masy. Sytuacja taka wskazuje na znaczną odporność drewna paulowni COTE-2 na rozkład przez grzybnię *H. annosum*. Puentes Rodriguez i in. [2009] wykazali, że aktywność grzybni różnych szczepów może się znacząco różnić. Ubytek masy drewna różnych klonów świerka pospolitego wynosił dla dwóch różnych szczepów *H. parviporum* średnio od 1,7 do 16,9% po 6 miesiącach inkubacji. Tak więc jeden szczep powodował bardzo niski rozkład drewna lub jego brak, podczas gdy efekt rozkładu drewna przez drugi szczep był wyraźny. Jednak w obu przypadkach zaszczerpione klony wykazały różnice w procentowym rozkładzie drewna poszczególnych próbek *Picea abies*. Dla klonów świerka zakażonych szczepem o mniejszej aktywności średnia zmiana masy próbek drewna wyniosła od wzrostu masy o 0,2% do ubytku o 7,2%, podczas gdy dla szczepu o większej aktywności ubytek masy drewna wyniósł od 11,2 do 22,1% [Puentes Rodriguez i in. 2009]. Różnice w tempie rozkładu obserwowane są również w przypadku różnych gatunków grzybów z tego samego rodzaju. Daniel i in. [1998] podają, że izolaty grupy P (obecnie *H. annosum*) były zdolne do wcześniejszego zapoczątkowania rozkładu i powodowały większe ubytki masy w okresie 5 miesięcy niż izolaty należące do grupy S (obecnie *H. parviporum*). Po 2 miesiącach szczepu P spowodowały utratę masy od 12 do 18%, podczas gdy w przypadku szczepów S odnotowano ubytek na poziomie 0-6%. Natomiast po 5 miesiącach doświadczenia wybrane izolaty grupy P spowodowały ubytki masy drewna iglastego (świerka i sosny) wynoszące nawet 47-58%. Uzyskane wyniki pokazują, że izolat *Heterobasidion* z grupy P spowodował również około 30-procentowy ubytek masy drewna brzożowego [Daniel i in. 1998]. W populacji patogenu występuje zróżnicowanie cech pomiędzy poszczególnymi szczepami, związane z ich agresywnością i zdolnością rozwoju zarówno w martwej, jak i żywej tkance sosny zwyczajnej. Różnice pomiędzy izolatami w ich zdolności do zasiedlenia drewna mogą być istotne [Cieślak i in. 2011, 2015]. Cieślak i in. [2015] wykazali, że izolaty pochodzące z pniaków przetrastały drewno korzeni nieco silniej niż pochodzące z pni drzew, jednak różnica nie była statystycznie istotna. Nie stwierdzono także różnic pomiędzy genotypami pozyskanymi z sosen i buków, co korespondowałoby z wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy, ponieważ w przypadku testowanych izolatów ich zdolność do rozkładu drewna paulowni była podobna, mimo tego, że izolat Ha9X320 pochodził z zmarłego buka, natomiast Ha2003 z pniaka sosnowego. Piętka i Byk [2018], stosując podobną wielkość próbek i metodykę, stwierdzili, że rozkład drewna olszy czarnej przez grzybnię lakownicy żółtawej *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. wyniósł średnio 10,88% po 180 dniach trwania doświadczenia. Warto podkreślić, że grzyby powodujące rozkład wpływają na spadek wartości użytkowej drewna, w tym wartości opałowej [Piętka i in. 2019].

W przyszłości należałoby przeprowadzić badania terenowe (testy patogeniczności), które pokazałyby, jaki jest wpływ *H. annosum* na stan zdrowotny sadzonek paulowni.

## Wnioski

✦ Badane izolaty korzeniowca wieloletniego *Heterobasidion annosum* po 120 dniach trwania doświadczenia spowodowały niewielki ubytek masy próbek drewna *Paulownia* COTE-2 (średnio o 0,56% dla dwóch izolatów *H. annosum*).

✚ Drewno paulowni COTE-2 w warunkach laboratoryjnych wykazuje znaczną odporność na rozkład powodowany przez grzybnicę *Heterobasidion annosum*.

## Literatura

- Ashori A., Nourbakhsh A. 2009. Studies on Iranian cultivated paulownia – a potential source of fibrous raw material for paper industry. *European Journal of Wood and Wood Products* 67: 323-327. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-009-0326-0>.
- Barton I. L., Nicholas I. D., Ecroyd C. E. 2007. Paulownia. *Forest Research Bulletin* 231. New Zealand Forest Research Institute, Rotorua.
- Bayliss K. L., Foster C., Dell B., Hardy G. E. St J. 2007. *Pycnoporus cinnabarinus* is pathogenic on living *Paulownia* trees. *Australasian Plant Pathology* 36: 53-55. DOI: <https://doi.org/10.1071/AP06079>.
- Bayliss K. L., Saqib M., Dell B., Jones M. G. K., Hardy G. E. St J. 2005. First record of 'Candidatus Phytoplasma australiense' in *Paulownia* trees. *Australasian Plant Pathology* 34: 123-124. DOI: <https://doi.org/10.1071/AP04089>.
- Cieślak R., Behnke-Borowczyk J., Rażny T., Molińska-Glura M., Ratajczak A., Świątlik A., Łakomy P. 2015. Description of *Heterobasidion annosum* population occurring in Scots pine stands in Człopa Forest Districts. II. Mycelium development in a dead wood. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 14 (2): 93-102.
- Cieślak R., Łakomy P., Molińska-Glura M. 2011. Description of *Heterobasidion annosum* sensu stricto population occurring in Scots pine stands in Człopa and Podanin Forest Districts. I. Mycelium development in alive wood. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 10 (3): 15-25.
- Daniel G., Asiegbu F., Johansson M. 1998. The saprotrophic wood-degrading abilities of *Heterobasidium annosum* intersterility groups P and S. *Mycological Research* 102 (8): 991-997. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0953756297005935>.
- European Standard EN 113. 2016. Wood preservatives – Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes.
- Fan G., Niu S., Zhao Z., Deng M., Xu E., Wang Y., Yang L. 2016. Identification of microRNAs and their targets in *Paulownia fortunei* plants free from phytoplasma pathogen after methyl methane sulfonate treatment. *Biochimie* 127: 271-280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2016.06.010>.
- He T., Vaidya B. N., Perry Z. D., Parajuli P., Joshee N. 2016. *Paulownia* as a Medicinal Tree: Traditional Uses and Current Advances. *European Journal of Medicinal Plants* 14 (1): 1-15. DOI: <https://doi.org/10.9734/EJMP/2016/25170>.
- Hiruki C. 1999. Paulownia witches'-broom disease important in East Asia. *Acta Horticulture* 469: 63-68. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.496.6>.
- Icka P., Damo R., Icka E. 2016. *Paulownia tomentosa*, a fast growing timber. The Annals of 'Valahia' University of Targoviste. DOI: <https://doi.org/10.1515/agr-2016-0003>.
- Jacek B., Litwińczuk W. 2016. The selected biomass properties of *Paulownia tomentosa* strains cultivated for energy purposes in the first two years of vegetation. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Agriculture* 68: 61-66.
- Jakubowski M., Tomczak A., Jelonek T., Grzywiński W. 2018. Wykorzystanie drewna i możliwości uprawy drzew z rodzaju *Paulownia*. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 17 (4): 291-297.
- Ji P., Chen C., Hu Y., Zhan Z., Pan W., Li R., Li E., Ge H.-M., Yang G. 2015. Antiviral Activity of *Paulownia tomentosa* against Enterovirus 71 of Hand, Foot, and Mouth Disease. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 38 (1): 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1248/bpb.b14-00357>.
- Jones H. L., Worrall J. J. 1995. Fungal biomass in decayed wood. *Mycologia* 87 (4): 459-466.
- Kiaei M. 2013. Technological properties of Iranian cultivated Paulownia wood (*Paulownia fortunei*). *Cellulose Chemistry and Technology* 47 (9-10): 735-743.
- Korhonen K., Stenlid J. 1998. Biology of *Heterobasidion annosum*. W: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. [red.]. *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Wallingford. 43-70.
- Kozakiewicz P. 2013. Paulownia (*Paulownia* sp.) – drewno z południowej Azji. *Przemysł Drzewny, Research & Development* 2: 80-83.
- Kozakiewicz P., Laskowska A., Ciołek S. 2020. A study of selected features of Shan Tong variety of plantation paulownia and its wood properties. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology* 111: 116-123.
- Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2020 roku. 2020. IBL, Sękocin Stary.
- Lachowicz H., Giedrowicz A. 2020. Charakterystyka jakości technicznej drewna paulowni COTE-2. *Sylwan* 164 (5): 414-423. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020024>.
- Liu R., Dong Y., Fan G., Zhao Z., Deng M., Cao X., Niu S. 2013. Discovery of Genes Related to Witches Broom Disease in *Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei* by a *De Novo* Assembled Transcriptome. *PLoS ONE* 8 (11): e80238. DOI:10.1371/journal.pone.0080238.



- López F., Pérez A., Zamudio M. A. M., De Alva H. E., García J. C. 2012. Paulownia as raw material for solid biofuel and cellulose pulp. *Biomass and Bioenergy* 45: 77-86.
- Lygis V., Vasiliauskas R., Stenlid J. 2004. Planting *Betula pendula* on pine sites infested by *Heterobasidion annosum*: disease transfer, silvicultural evaluation, and community of wood-inhabiting fungi. *Canadian Journal of Forest Research* 34 (1): 120-130.
- Łakomy P. 1996. F group of *Heterobasidion annosum* found in Poland. *European Journal of Forest Pathology* 26: 217-222. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1996.tb00841.x>.
- Łakomy P., Cieślak R. 2008. Early infection of *Fagus sylvatica* by *Heterobasidion annosum* sensu stricto. *Forest Pathology* 38: 314-319.
- Łakomy P., Kowalski T., Werner A. 2000. Preliminary report on distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Poland. *Acta Mycologica* 35 (2): 303-309.
- Łakomy P., Werner A. 2003. Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Poland. *Forest Pathology* 33: 105-112. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.2003.00309.x>.
- Matuszak K. 2018. Drzewa Oxytree: zysk według zrównoważonego rozwoju. Puls Biznesu. <https://www.pb.pl/drzewa-oxytree-zysk-wedlug-zrownowazonego-rozwoju-911658>. Data dostępu: 04.05.2021.
- Mehrotra M. D. 1997. Diseases of *Paulownia* and their management. *The Indian Forester* 123 (1): 66-72.
- Mehrotra M. D., Mehrotra A. 2000. Butt and root rot – a threat to *Paulownia* root rot at new forest. *Indian Journal of Forestry* 23 (2): 220.
- Milenković I., Tomšovský M., Karadžić D., Veselinović M. 2018. Decline of *Paulownia tomentosa* caused by *Trametes hirsuta* in Serbia. *Forest Pathology* e12438. DOI: <https://doi.org/10.1111/efp.12438>.
- Misra B. M., Khan S. N., Singh Y. P. 2001. *Heteroporus* root-rot of *Paulownia fortunei*. *The Indian Forester* 127 (9): 1043-1046.
- Niemelä T., Korhonen K. 1998. Taxonomy of the Genus *Heterobasidion*. W: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. [red.]. *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. CAB International, Wallingford. 27-33.
- Paclt J. 2009. Basidiomycetes inhabiting the ornamental tree *Paulownia* (Scrophulariaceae). *Österreichische Zeitschrift für Pilzkunde* 18: 1-6.
- Phillips D. H., Burdekin D. A. 1992. *Diseases of Forest and Ornamental Trees*. Palgrave Macmillan, UK.
- Piętka J., Byk A. 2018. Rozkład drewna olszy czarnej *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. przez grzybnię lakownicy żółtawej *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. w warunkach laboratoryjnych. *Sylwan* 162 (2): 138-145. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2017108>.
- Piętka J., Gendek A., Malaták J., Velebil J., Moskalik T. 2019. Effects of selected white-rot fungi on the calorific value of beech wood (*Fagus sylvatica* L.). *Biomass and Bioenergy* 127: 105290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105290>.
- PN-EN 350-1. 2000. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Naturalna trwałość drewna litego. Wytyczne dotyczące zasad badania i klasyfikacji naturalnej trwałości drewna. Polski Komitet Normalizacyjny.
- Puentes Rodriguez Y., Zubizarreta Gerendiain A., Pappinen A., Peltola H., Pulkkinen P. 2009. Differences in wood decay by *Heterobasidion parviporum* in cloned Norway spruce (*Picea abies*). *Canadian Journal of Forest Research* 39: 26-35.
- Ray J. D., Burgess T., Malajczuk N., Hardy G. E. St J. 2005. First report of *Alternaria* blight of *Paulownia* spp. *Australasian Plant Pathology* 34: 107-109. DOI: <https://doi.org/10.1071/AP04087>.
- Ryvarden L., Gilbertson R. L. 1993. *European Polypores. Part 1. Fungiflora*, Oslo.
- Schwarze F. W. M. R., Engels J., Mattheck C. 2000. *Fungal Strategies of Wood Decay in Trees*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.
- Sierota Z. 2013. Heterobasidion root rot in forests on former agricultural lands in Poland: Scale of threat and prevention. *Scientific Research and Essays* 8 (47): 2298-2305. DOI: <https://doi.org/10.5897/SRE2013.5724>.
- Sierota Z., Grodzki W., Szczepkowski A. 2019. Abiotic and Biotic Disturbances Affecting Forest Health in Poland over the Past 30 Years: Impacts of Climate and Forest Management. *Forests* 10: 75. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10010075>.
- Smarul N., Tomeczak K., Tomeczak A., Jakubowski M. 2018. Wzrost sadzonek paulowni 'Shan Tong' w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Murowanej Goślinie w roku 2017. *Studia i Materiały CEPL* 56: 158-165.
- Wang Z., Zhai X., Cao Y., Dong Y., Fan G. 2017. Long Non-Coding RNAs Responsive to Witches' Broom Disease in *Paulownia tomentosa*. *Forests* 8: 348. DOI: <https://doi.org/10.3390/f8090348>.
- Watanabe T. 1988. Sporulation in Agar Culture of One Isolate of *Hymenochaete* from a Declining *Paulownia* Tree in Paraguay. *Mycologia* 80 (3): 393-397.
- Wojewoda W. 2003. Checklist of Polish larger Basidiomycetes. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków.
- Woźniak M., Gałązka A., Frąc M. 2018. *Paulownia* – szybko rosnące, wielofunkcyjne drzewo bioenergetyczne. *Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych* 67 (4): 781-789.

- Yadav N. K., Vaidya B. N., Henderson K., Frost Lee J., Stewart W. M., Dhekney S. A., Joshee N. 2013. A Review of *Paulownia* Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree. American Journal of Plant Sciences 4: 2070-2082. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.411259>.
- Zhu Z.-H., Chao C.-J., Lu X.-Y., Xiong Y. G. 1986. *Paulownia* in China: Cultivation and Utilization. Asian Network for Biological Sciences and International Development Research Centre, Singapore.