

## WYKORZYSTANIE DREWNA I MOŻLIWOŚCI UPRAWY DRZEW Z RODZAJU *PAULOWNIA*

Marcin Jakubowski✉, Arkadiusz Tomczak, Tomasz Jelonek, Witold Grzywiński

Katedra Użytkowania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 71A, 60-625 Poznań

### ABSTRAKT

W pracy przedstawiono przegląd literatury dotyczącej przemysłowego wykorzystania rodzaju paulownia. Celem pracy było zweryfikowanie aktualnego stanu wiedzy na temat wykorzystania drewna paulowni oraz możliwości uprawy przemysłowych odmian paulowni. W pracy opisano botaniczną przynależność, krótki rys historyczny, wymagania klimatyczne, zastosowanie drewna i doświadczenia związane z uprawą hybryd paulowni. Na podstawie literatury można stwierdzić, że głównym celem upraw w krótkich cyklach jest produkcja drewna na potrzeby przemysłu celulozowego i cele energetyczne, a w mniejszym stopniu na inne potrzeby. Warto zauważyć, że podawane parametry techniczne, skład chemiczny, wymagane warunki wzrostu i produkcja biomasy są różne zarówno dla gatunków paulowni, jak i hybryd. Nie można jednoznacznie stwierdzić, że paulownia jest gatunkiem uniwersalnym dającym te same efekty w różnych warunkach, ale należy podjąć próbę zbadania użyteczności wyselekcjonowanych gatunków czy odmian dla specyficznych celów.

**Słowa kluczowe:** plantacje drzew szybko rosnących, drewno paulowni, biomasa, odmiany paulowni

### WPROWADZENIE

Od kilku lat bardzo dynamicznie wzrasta w Polsce zainteresowanie uprawami wywodzącego się z Azji rodzaju *Paulownia*. Gatunki te są znane przede wszystkim z dynamicznego wzrostu i dużej adaptowalności do różnych warunków klimatycznych. Wzrost popularności przyczynił się do rozprzestrzenienia rodzaju w wielu krajach na świecie i doprowadził do stworzenia hybryd uprawianych głównie w krajach południowej Europy. O dużym zainteresowaniu paulownią świadczą liczby podawane przez portale internetowe i samych producentów. Obecnie ostrożne szacunki mówią o kilkuset tysiącach sztuk hybryd paulowni sprzedanych i sadzonych w różnych rejonach Polski. Samej odmiany ‘Oxytree’ sprzedano ponad 300 tys. sztuk (Matuszak, 2018), z czego 160 tys. w 2017 roku (Janos, 2017). Równocześnie sprzedaje się inne odmiany,

takie jak ‘Shan Tong’ czy ‘Cotta Vista 2’. Duże zainteresowanie producentów i plantatorów nowymi odmianami drzew i krzewów zmusza do podjęcia badań na ten temat oraz weryfikacji możliwości i celowości wprowadzenia nowych gatunków w Polsce.

Celem pracy było zweryfikowanie aktualnego stanu wiedzy na temat wykorzystania drewna paulowni oraz możliwości uprawy przemysłowych odmian paulowni. W pracy przedstawiono przegląd literatury dotyczącej prac naukowych prowadzonych nad paulownią w innych krajach.

### OPIS RODZAJU *PAULOWNIA*

Paulownia jest rodzajem roślin z rodziny paulowniowatych (*Paulowniaceae*), który historycznie zaliczany

✉marcin.jakubowski@up.poznan.pl

był do rodzaju (*Catalpa* Scop.) i rodziny (*Scrophulariaceae* Jussieu). Współczesne badania genetyczne wpłynęły na zmianę przynależności systematycznej paulowni. W rodzinie *Scrophulariaceae* i *Bignoniaceae* dokonano podziałów oraz wydzielono osobną rodzinę *Paulowniaceae*, która genetycznie jest nawet bliższa *Lamiaceae* niż *Scrophulariaceae* (Kirkham i Fay, 2009; Olmstead i in., 2001). Co do liczby gatunków nie ma jednomyślności, wymienia się od sześciu do kilkunastu gatunków (Icka i in., 2016). Paulownia ma tendencję do wykształcania wielu rozgałęzień na otwartej przestrzeni, w drzewostanie wykształca pień prosty. Ma parasolowatą nisko osadzoną koronę, a części zielone rośliny są pokryte drobnymi włoskami. Kora jest koloru brązowego do czarnego, gładka, pokryta licznymi przetchlinkami, z wiekiem pojawiają się pionowe spęknięcia. Roślina wykształca duże liście o długości 15–30 cm i szerokości 10–20 cm (*P. tomentosa*), u osobników starszych są one mniejsze (Innes, 2009; Zhu et al., 1986). Paulownia ma głęboki i dobrze rozwinięty system korzeniowy tworzący liczne rozgałęzienia i sięgający zwykle do 2 m głębokości. Rekordowe egzemplarze miały system korzeniowy blisko trzy razy szerszy od korony (Zhu et al., 1986). Silny i szybko rozwijający się system korzeniowy w sprzyjających warunkach jest w stanie penetrować również na głębokość większą, co może być wykorzystywane np. do stabilizacji osuwisk (Osmanović i in., 2017).

W Chinach mówi się o paulowni: „[...] wygląda jak słup w ciągu jednego roku, parasol w ciągu trzech lat i można je przeciąć na deski w ciągu pięciu lat” (Zhu et al., 1986). Najbardziej znaną cechą paulowni jest możliwość osiągnięcia gigantycznych rozmiarów w bardzo krótkim czasie. Rekordowe przypadki opisywano na terenie Chin, np. *P. fortunei* rosnąca w Kweichow Province w wieku 80 lat osiągnęła 49,5 m wysokości przy 202-centymetrowej pierśnicy, a objętość drewna obliczono na 34 m<sup>3</sup>, inna w wieku 90 lat miała 224 cm pierśnicy i 44 m<sup>3</sup> objętości drewna. Wśród młodych *P. fortunei* 11-letni egzemplarz wyrosły w Kwangsi Chuang Autonomous Region mierzył 22 m wysokości przy pierśnicy liczącej 75,1 cm, a miąższość jego drewna wyniosła 3,69 m<sup>3</sup>. Podobne rozmiary osiąga również *P. elongata* (Zhu et al., 1986).

## HISTORIA

Najbardziej znanych i opisanych jest kilka gatunków paulowni, które były uprawiane powszechnie w Azji. Pierwszą i dominującą jest *Paulownia tomentosa* (Thunb.), która ma długą tradycję. W Azji jest znana jako roślina użytkowana w medycynie oraz jako surowiec drzewny, a dane na ten temat pochodzą już z okresu kilku wieków przed naszą erą (Nagata i in., 2013). Drzewo wyróżnia bogata historia związana z jego użytkowaniem dla celów kulturalnych, religijnych i medycznych. Opisy historyczne podają, iż paulownia miała związek z cyklem narodzin i śmierci, przez co była wykorzystywana do produkcji trumien. Posadzenie drzewka w przypadku narodzin córki miało zapewnić ochronę i powodzenie przyszłej panny. W Japonii drzewko wycinano przed ślubem, a z drewna robiono kufer na posag. W Chinach popularne było sadzenie drzewek wokół domów dla zapewnienia powodzenia, ale również dla przyciągnięcia Feniksa, mitycznego ptaka, siadającego podobno tylko na drzewach paulowni, która miała zdolność odradzania się z pnia. Te i inne legendy świadczą o popularności tego drzewa uprawianego na szeroką skalę już w III wieku naszej ery (Zhu et al., 1986). Warto wspomnieć, iż używaną obecnie nazwę „paulownia” nadano drzewu na cześć Anny Pawłowny Romanowej, wielkiej księżnej Rosji i późniejszej królowej Holandii, która sponzorowała drugą ekspedycję Philippa von Siebolda do Japonii w 1861 roku (Christenhusz i in., 2017).

## WYKORZYSTANIE DREWNA

Paulownia ma drewno twardzielowe barwy jasnożółtej do jasnoczerwonej. Granica między białym i twardzielą nie jest wyraźnie zaznaczona. Biel jest bardzo wąski i zawiera w sobie zwykle jeden lub dwa słoje roczne. Słoje roczne są dobrze widoczne na wszystkich przekrojach. Drewno ma strukturę pierścieniowo-naczyniową lub półpierścieniowo-naczyniową, czyli przyjmuje formę pośrednią między strukturą pierścieniowo-naczyniową a rozpięchłonaczyniową w różnym stopniu w zależności od panujących warunków wzrostu i rozwoju. Naczynia są słabo widoczne lub niewidoczne nieuzbrojonym okiem, promienie drzewne są widoczne tylko przy powiększeniu (Zhu et al., 1986). Pod mikroskopem naczynia mają kształt

owalny i można je podzielić na naczynia drewna wczesnego i naczynia drewna późnego mniejsze 3–10 razy. Otoczone są dość dużym pasmem miękiszu o różnym kształcie, promienie rdzeniowe są wąskie, najczęściej jednorzędowe o wysokości do 0,5 mm, ale zdarzają się również wielorzędowe (Qi i in., 2014; 2016; Zhu et al., 1986). Pod względem właściwości fizycznych i mechanicznych paulownia jest podobna do rodzimych gatunków wierzb i topoli. Gęstość drewna przy wilgotności 12% wynosi od 220 kg·m<sup>-3</sup> do 350 kg·m<sup>-3</sup>, najczęściej jednak oscyluje wokół 270 kg·m<sup>-3</sup> (Joshi i in., 2015; Kaymakci i in., 2013; Kozakiewicz, 2013), przy czym *P. elongata* przyjmuje nieco wyższe wartości niż pozostałe dwa gatunki (Kaymakci i in., 2013). Wytrzymałość na zginanie statyczne w zależności od gatunku wynosi od 23,98 MPa do 43,56 MPa, natomiast moduł elastyczności 2651–4917 MPa (Kaymakci i in., 2013; San i in., 2016). Paulownia ma wysoki współczynnik jakości wytrzymałościowej będący stosunkiem wytrzymałości do masy. W szczególnych zastosowaniach jest to bardzo ceniony parametr, zwłaszcza tam, gdzie są wymagane konstrukcje bardzo lekkie, ale wytrzymałe, np. w panelach opartych na budowie kompozytowej (San i in., 2016; Sobhani i in., 2011). Przytoczone dane dotyczące właściwości drewna wskazują na dość duże ich zróżnicowanie, dlatego mówiąc o drewnie paulowni, należy mieć na uwadze konkretny gatunek. Drewno jest wykorzystywane na: sklejkę, materiał budowlany (inny niż drewno konstrukcyjne), papier, fornir, ręczne rzeźby, drewniaki, meble i artykuły kuchenne takie, jak garnki ryżowe, wiadra na wodę, miski i łyżki, laski (Innes, 2009; Snow, 2015). Często wymienianym zastosowaniem drewna paulowni jest przeznaczenie do produkcji instrumentów muzycznych (Innes, 2009; Sidan i in., 2010; Snow, 2015). Specyficzne parametry akustyczne, niespotykane w drewnie świerkowym, przesądzają o zastępowaniu świerka paulownią w niektórych instrumentach i w konsekwencji uzyskiwaniu nowego brzmienia. Pozytywnie wypadły również badania przydatności do produkcji ołówków i kredek. W testach porównujących drewno *P. elongata* z drewnem powszechnie stosowanych w tych celach topoli (*P. tremula*) i jałowca (*J. excelsa*) paulownia wypadła bardzo obiecująco pod względem cenionych w tej produkcji właściwości (Kaygin i in., 2015). Z uwagi na krótkie cykle produkcyjne użytkuje się drewno nie tylko pnia,

ale także gałęzi. Chociaż jest niższej wartości i często towarzyszy mu drewno reakcyjne, to można je wykorzystać do produkcji papieru, nanocelulozy i w innych zastosowaniach (Qi i in., 2014). Wiele badań dotyczy jakości włókien drzewnych, które mają kluczowe znaczenie w przemyśle celulozowym, wpływając na wydajność i jakość produkcji. Jak stwierdzają San i in. (2016), na podstawie badań przeprowadzonych na 3-letniej plantacji, rozmiary włókien przyjmują wartości typowe dla gatunków liściastych użytecznych w tym typie przemysłu. Zawsze jednak należy mieć na uwadze konkretny gatunek, ponieważ o ile długości włókien różnych gatunków paulowni są zbliżone i wynoszą od ok. 0,82 mm do 1,002 mm, o tyle znacząco różnią się grubości ściany komórkowej. Na przykład średnia grubość ściany komórkowej włókien może się wahać wśród różnych gatunków paulowni od 3,8 μm do 8,6 μm (San i in., 2016). Dużą zawartość celulozy (47,85%), użyteczną dla przemysłu celulozowego, wskazują Popović i Radošević (2011), również zaznaczając, że skład chemiczny poszczególnych gatunków paulowni różni się znacznie. Na podobne zależności i przydatność do produkcji celulozy zwracano też uwagę w innych badaniach (Ashori and Nourbakhsh, 2009; Ates i in., 2008; Vilotić i in., 2015).

Współcześnie dużą popularność zyskują plantacje paulowni zorientowane na produkcję biomasy. Omawiane drzewo potrafi wyprodukować w ciągu roku tyle biomasy, co inne gatunki w okresie kilku lat (Zuazo i in., 2013). W tym kierunku najlepiej sprawdzają się odpowiednio dobrane hybrydy, bardzo duże są jednak różnice między nimi oraz regionami, w których prowadzono doświadczenia. Badania dowodzą, że np. uprawiany w Hiszpanii klon ‘Cotevisia 2’ wykazał się 1,8 raza większą produktywnością suchej masy niż klon ‘Suntzu 11’. Jednak w dwóch lokalizacjach z sześciu badanych to Suntzu miał produktywność większą. Oba klony w dwuletnim doświadczeniu wykazywały rekordową produktywność w regionie Villanueva del Río y Minas (Sevilla province), gdzie zebrano 7,2–14 t suchej masy z hektara (odpowiednio 3,2 t oraz 7,4 t węgla). Te same klony w innym regionie Hiszpanii (Cordoba) wykazały produktywność na poziomie 1,7–2,3 t suchej masy (Zuazo i in., 2013). Dla porównania w 16-letnim doświadczeniu przeprowadzonym na *P. tomentosa* w Azji uzyskano 38,8 t węgla z hektara, a w doświadczeniu 21-letnim

ponad 105 t węgla (Joshi i in., 2015). Doświadczenia innych badaczy również pokazują, że produkcja biomasy zależy w dużym stopniu od odmiany, której użyto w uprawie. Berdón Berdón i in. (2017) wykazali bardzo słabą produktywność klonu X1 w porównaniu z trzema innymi (112, COT2, L1) na przykładzie doświadczenia 3-letniego prowadzonego w południowej części Hiszpanii. Paulownia jest również dobrym surowcem do produkcji bioetanolu (Yavorov i in., 2014).

### WYMAGANIA DOTYCZĄCE UPRAW

Paulownia jest znana jako roślina o wysokim stopniu adaptacji do środowiska, do intensywnego wzrostu wymaga jednak dużej ilości wody, od 1000 l do nawet 2000 l na sadzonkę w pierwszym sezonie wegetacyjnym (García-Morote i in., 2014). Wymaga gleb przepuszczalnych o odczynie powyżej 5 pH (tab. 1). Rozpatrując introdukcję gatunku w chłodniejszych strefach klimatycznych, należy szczególnie wziąć pod uwagę mrozoodporność, która jest inna dla różnych gatunków. W granicach naturalnego zasięgu minimalne temperatury poszczególnych gatunków wynoszą:  $-20^{\circ}\text{C}$  dla *P. tomentosa*, od  $-15^{\circ}\text{C}$  do  $-18^{\circ}\text{C}$  dla *P. elongata* i *P. catalpifolia* oraz od  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$  dla *P. fortunei*, *P. Kawakamii* i *P. fargesii*. Przeprowadzone eksperymenty introdukcji wewnątrz Chin

skutkowały tylko częściową przeżywalnością w temperaturach niższych (Zhu et al., 1986). Z uwagi na to, że hybrydy obecnie uprawia się głównie w południowej Europie, brak jest potwierdzonych danych na temat mrozoodporności poszczególnych hybryd.

Mając na uwadze dynamiczny wzrost w warunkach naturalnych i dużą zdolność adaptacji, od dawna zaczęto rozważać możliwość wykorzystania paulownii w szybkiej produkcji surowca w uprawie. Drzewa te osiągają zazwyczaj 30–40 cm pierśnicy w ciągu 10 lat i produkują ok. 0,3–0,5 m<sup>3</sup> drewna, aczkolwiek w optymalnych warunkach użyteczne drewno może być wyprodukowane w ciągu 5–6 lat (Zhu et al., 1986). Wykorzystanie naturalnych gatunków w uprawach od wieków było popularne w Chinach i Azji południowo-wschodniej. W porównaniu z innymi gatunkami paulownia pod względem dynamiki wzrostu wypada bardzo dobrze, nawet w zestawieniu z najszybciej rosnącymi topolami (Navroodi, 2013). Z czasem jednak plantacje naturalnych gatunków zaczęto zastępować hybrydami, których wprowadzenie poprzedzały różne programy badawcze. Do produkcji hybryd wybiera się osobniki z kilku popularnych gatunków cieszących się dużą produktywnością i dużymi zdolnościami adaptacji do środowiska, np. *P. elongata* × *P. fortunei* (García-Morote i in., 2014; San i in., 2016), *P. fortunei* × *P. tomentosa* (Ayan i in., 2006).

**Tabela 1.** Wymagania środowiskowe dla paulowni (na podstawie Icka i in., 2016)

**Table 1.** Environmental requirements of *Paulownia* (based on Icka et al., 2016)

Temperatura – Temperature	od $-25^{\circ}\text{C}$ do $+47^{\circ}\text{C}$ , optymalna $+27^{\circ}\text{C}$ from $-25^{\circ}\text{C}$ to $+47^{\circ}\text{C}$ , optimal $27^{\circ}\text{C}$
Opady – Rainfall	500–2000 mm (700 mm w trakcie sezonu wegetacyjnego) 500–2000 mm (700 mm during growing season)
Wysokość nad poziomem morza – Altitude	2400 m, preferowana wysokość poniżej 800 m 2400 m, preferred under 800 m
Temperatura gleby – Soil temperature	15–16 $^{\circ}\text{C}$
pH gleby – Soil pH	5,0–8,9
Gлина – Clay	<25%
Zasolenie – Salinity	<1%
Norma światła – Light requirement	20 000 – 30 000 lux

Do najbardziej znanych hybryd należą: ‘Clon in Vitro 112’ (Berdón Berdón i in., 2017; Icka i in., 2016), ‘Cotevisa 2’, ‘Sundsu 11’ (Zuazo i in., 2013), ‘Shan Tong’ (Luca i in., 2014) oraz inne (Berdón Berdón i in., 2017). Spotykane są również hybrydy powstałe w sposób naturalny, np. *P. taiwaniana* powstała ze skrzyżowania *P. kawakamii* i *P. fortunei* (Wang i in., 1994). Po utworzeniu hybryd odpowiednie osobniki są selekcjonowane i rozmnażane w kulturach in vitro (Gyuleva i Garelkova, 1993; Magar i in., 2016). Hybrydy paulownii są uprawiane w krótkich 6–10-letnich cyklach na potrzeby uzyskania drewna okrągłego, natomiast cykle mogą być jeszcze krótsze w celu uzyskania biomasy (Berdón Berdón i in., 2017).

## MOŻLIWOŚCI UPRAWY W POLSCE

W Polsce rodzaj *Paulownia* występuje w ogrodach botanicznych, jest sadzony również jako drzewo ozdobne. Paulownia wykazuje na tyle szybki wzrost, że początkowo ma wygląd rośliny zielnej. Dynamika przyrostu i siła życiowa są głównymi przyczynami prowadzenia upraw tego gatunku, jak również zasadniczym źródłem zmartwień co do cech inwazyjnych. Masowe wprowadzanie nowego gatunku na teren Polski wiąże się z obawami o zachowanie się rośliny w środowisku. W niektórych państwach pewne gatunki paulowni zostały uznane za niebezpieczne, np. paulownię omszoną (*P. tomentosa*) potraktowano jako gatunek inwazyjny w Austrii (Essl, 2007). W Czechach również zwrócono nań uwagę i nadano status gatunku obcego, wymagającego stałego monitoringu (Pergl i in., 2016). W Polsce Państwowa Rada Ochrony Przyrody z dużą rezerwą wypowiedziała się na temat tworzenia w kraju plantacji hybrydy gatunków *P. elongata* i *P. fortunei*, znanych jako *Oxytree* Paulownia Clon in Vitro 112 (C) (Opinia..., 2016). Do USA paulownię sprowadzono ok. 1840 roku (*P. tomentosa*). Przez około 150 lat rozprzestrzeniła się po różnych stanach, sprawiając wiele kłopotów, które wywołały burzliwą dyskusję dotyczącą wszystkich gatunków paulowni. Oficjalnie uznano *P. tomentosa* za gatunek inwazyjny, do tego stopnia, że w wielu stanach zaczęto z nim walczyć. Łagodniej potraktowano *P. elongata*, która nie jest tak inwazyjna, ale też jest traktowana niechętnie. Paulownia w USA ma licznych zarówno przeciwników, jak i zwolenników, a dyskusje

na jej temat są burzliwe ze względu na istniejące tam uprawy, które przynoszą ich właścicielom pokaźne zyski (Snow, 2015). W Bułgarii paulownia została wprowadzona na początku lat siedemdziesiątych XX wieku jako drzewko ozdobne, miejskie. Początkowo była popularna *P. tomentosa*. Z czasem zainteresowano się również gatunkami *P. elongata* i *P. fortunei*, ale dopiero hybrydy zostały potraktowane jako produkt potencjalny do wprowadzenia na szeroką skalę (Gyuleva, 2008; 2010).

Gatunki obce, stwarzające ryzyko biologiczne i ekonomiczne, wymagają najpierw badań, prowadzonych przez instytucje niezależne, stwierdzających możliwość wprowadzenia takich gatunków do uprawy lub konieczność rezygnacji z ich wprowadzania. Wiele państw prowadzi z powodzeniem plantacje hybryd paulowni (również w Europie), jednak rozwiązania sprawdzone w jednym kraju nie gwarantują takiego samego efektu w odmiennych warunkach klimatycznych i środowiskowych. Rozpatrując uprawy towarowe w Polsce, należy wziąć pod uwagę nie tylko dynamikę wzrostu, lecz również dostępność wody (opady) i mrozoodporność, która dla wielu hybryd nie została jeszcze przebadana wystarczająco. Dodatkowym elementem ograniczającym uprawy towarowe mogą być przymrozki, przez które roślina, zmuszana do wypuszczenia nowych pędów, będzie dawała słabsze efekty uprawowe.

## PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury można stwierdzić, że głównym celem upraw paulowni w krótkich cyklach jest produkcja masy drzewnej na potrzeby przemysłu celulozowego i energetycznego oraz niektórych pozostałych gałęzi przemysłu drzewnego. Warto zauważyć, że podawane parametry techniczne, skład chemiczny, wymagania co do warunków upraw i produkcja biomasy różnią się w istotny sposób u różnych gatunków paulowni oraz różnych hybryd. Wartości otrzymywane przez badaczy są niekiedy rozbieżne o kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt procent. Nie można stwierdzić jednoznacznie, że paulownia jest gatunkiem uniwersalnym i dającym te same efekty w różnych warunkach. Każdorazowo należy podjąć próbę badawczą w celu stwierdzenia przydatności wybranych gatunków lub ich hybryd do określonych celów.

## PIŚMIENNICTWO

- Ashori, A., Nourbakhsh, A. (2009). Studies on Iranian cultivated paulownia – A potential source of fibrous raw material for paper industry. Holz Roh. Werkst., 67, 323–327.
- Ates, S., Ni, Y., Akgul, M., Tozluoglu, A. (2008). Characterization and evaluation of *Paulownia elongata* as a raw material for paper production. Afr. J. Biotechnol., 7(22), 4153–4158.
- Ayan, S., Silvacioglu, A., Billir, N. (2006). Growth variation of Paulownia Sieb. and Zucc. species and origins at the nursery stage in Kastamonu – Turkey. J. Environ. Biol., 27(3), 499–504.
- Berdón Berdón, J., Montero Calvo, A. J., Royano Barroso, L., Parralejo Alcobendas, A. I., González Cortés, J. (2017). Study of Paulownia's biomass production in Mérida (Badajoz), Southwestern Spain. Environ. Ecol. Res., 5, 521–527.
- Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Chase, M. W. (2017). Plants of the world: An illustrated encyclopedia of vascular plants. Richmond, Chicago: Kew Publ., Univ. Chicago Press.
- Essl, F. (2007). From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by *Paulownia tomentosa*. Preslia, 79, 377–389.
- García-Morote, F. A., López-Serrano, F. R., Martínez-García, E., Andrés-Abellán, M., Dadi, T., Candel, D., ..., Lucas-Borja, M. E. (2014). Stem biomass production of *Paulownia elongata* × *P. fortunei* under low irrigation in a semi-arid environment. Forests, 5(10), 2505–20.
- Gyuleva, V. (2010). Micropropagation of hybrid paulownia from long-term preserved seeds. Silva Balcan., 11(1), 45–58.
- Gyuleva, V. (2008). Project 'Establishment of geographical plantations of *Paulownia elongata* hybrids in Bulgaria' – contract No 37 with State Agency of Forests (2007–2010). News Bulg. Acad. Sci., 12, 2–4.
- Gyuleva, V., Garelkova, Z. (1993). Micropropagation in vitro of *Paulownia tomentosa* (Steud.). Biotechnol. Biotech. Eq., 7(1), 33–37.
- Icka, P., Damo, R., Icka, E. (2016). Paulownia tomentosa, a fast growing timber. Ann. Valahia Univ. Targoviste, Agric., 10(1), 14–19.
- Innes, R. J. (2009). Paulownia tomentosa. W: Fire effects information system. US Depart. Agric., For. Serv., Rocky Mount. Res. Stat., Fire Sci. Lab.. Available 2018 March 15 from: <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pautom/all.html>
- Janoś, K. (2017). Paulownia kusi dużymi zyskami. Drzewa szybko rosnące to inwestycyjny hit czy kit? Pobrano 18 września 2018 roku z: <https://www.money.pl/gospodarka/wiadomosci/artykul/paulownia-oxytree-drzewa-szybko-rosnace,242,0,2264306.html>
- Joshi, N. R., Karki, S., Adhikari, M. D., Udas, E., Sherpa, S., Karki, B. S., ..., Ning, W. (2015). Development of allometric equations for *Paulownia tomentosa* (Thunb) to estimate biomass and carbon stocks: An assessment from the ICIMOD Knowledge Park, Godavari, Nepal. Kathmandu, Nepal: International Centre for Integrated Mountain Development.
- Kaygin, B., Kaplan, D., Aydemir, D. (2015). Paulownia tree: Possibilities of an alternative raw material for pencil manufacturing industry. Bioresources, 10, 3426–3433.
- Kaymakci, A., Bektas, I., Bal, B. (2013). Some mechanical properties of paulownia (*Paulownia elongata*) wood. W: International Caucasian Forestry Symposium, 24–26 October, Artvin, Turkey.
- Kirkham, T., Fay, M. F. (2009). Paulownia kawakamii, Paulowniaceae. Curtis's Bot. Mag., 26, 111–119.
- Kozakiewicz, P. (2013). Paulownia (*Paulownia* sp.) – drewno z Południowej Azji [Paulownia (*Paulownia* sp.) – wood from South Asia]. Przem. Drzewn., 2, 80–83.
- Luca, R., Camen, D., Danci, M., Petolescu, C. (2014). Research regarding the influence of culture conditions upon the main physiological indices at Paulownia shan tong. J. Hortic. For. Biotechnol., 18(4), 74–77.
- Magar, L. B., Nisha, S., Khadka, S., Joshi, J. R., Jibaraj, A., Gyanwali, G. Ch., ..., Parajuli, N. (2016). Challenges and opportunity of in vitro propagation of *Paulownia tomentosa* Steud for commercial production in Nepal. Int. J. Appl. Sci. Biotechnol., 4, 155–160.
- Matuszak, K. (2018). Drzewa Oxytree: zysk według zrównoważonego rozwoju. Puls Biznesu. Pobrano 18 września 2018 roku z: <https://www.pb.pl/drzewa-oxytree-zysk-wedlug-zrownowazonego-rozwoju-911658>
- Nagata, T., DuVal, A., Schull, M., Tchernaja, T. A., Crane, P. R. (2013). Paulownia tomentosa: A Chinese plant in Japan. Curtis's Bot. Mag., 30, 261–274.
- Navroodi, I. H. (2013). Comparison of growth and wood production of *Populus deltoides* and *Paulownia fortunei* in Guilan province (Iran). Ind. J. Sci. Technol., 6, 2.
- Olmstead, R. G., DePamphilis, C. W., Wolfe, A. D., Young, N. D., Elisons, W. J., Reeves, P. A. (2001). Disintegration of the *Scrophulariaceae*. Am. J. Bot., 88, 348–361.
- Opinia Komisji PROP (Państwowej Rady Ochrony Przyrody) ds. Roślin dotycząca dopuszczalności tworzenia na terenie Polski plantacji paulowni (Oxytree) [Opinion of the Plant Committee of PROP (National Nature Conservation Council) regarding the admissibility of creating paulownia (Oxytree) plantations in Poland] (2016). Pobrano z: <http://prop.info.pl/plantacje-paulowni/>

- Osmanović, Z., Huseinović, S., Bektić, S., Ahmetbegović, S. (2017). Construction of bioparks on devastated land in urban areas. *Period. Eng. Nat. Sci.*, 5(1), 97–102.
- Pergl, J., Sádlo, J., Petrusek, A., Laštůvka, Z., Musil, J., Perglová, I., Šanda, R. (2016). Black, grey and watch lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota*, 28, 1–37.
- Popović, J., Radošević, G. (2011). *Paulownia elongata* S. Y. Hu – Anatomical and chemical properties of wood fibers. *Prerada Drveta*, 9(34–35), 15–22.
- Qi, Y., Jang, J. H., Park, S. H., Kim, N. H. (2014). Anatomical and physical characteristics of Korean paulownia (*Paulownia coreana*) branch wood. *J. Korean Wood Sci. Technol.*, 42(5), 510–515.
- Qi, Y., Jang, J., Hidayat, W., Lee, A., Park, S., Lee, S., Kim, N. (2016). Anatomical characteristics of *Paulownia tomentosa* root wood. *J. Korean Wood Sci. Technol.*, 44, 157–165.
- San, H. P., Long, L. K., Zhang, Ch. Z., Hui, T. Ch., Seng, W. Y., Lin, ..., Fong, W. K. (2016). Anatomical features, fiber morphological, physical and mechanical properties of three years old new hybrid paulownia: green paulownia. *Res. J. For.*, 10, 30–35.
- Sidan, L., Zhenbo, L., Yixing, L., Haipeng, Y., Yinglai, H. (2010). Acoustic vibration properties of wood for musical instrument based on FFT of adding windows. W: International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2010). Key Laboratory of Bio-based Material Science and Technology (Ministry of Education) Northeast Forestry University Harbin, China.
- Snow, W. A. (2015). Ornamental, crop, or invasive? The history of the Empress tree (*Paulownia*) in the USA, *For. Trees Livelihoods*, 24(2), 85–96. <https://doi.org/10.1080/14728028.2014.952353>
- Sobhani, M., Khazaeian, A., Tabarsa, T., Shakeri, A. (2011). Evaluation of physical and mechanical properties of paulownia wood core and fiberglass surfaces sandwich panel. *Key Eng. Mater.*, 471–472, 85–90.
- Vilotić, D., Popović, J., Mitrović, S., Šijačić-Nikolić, M., Ocokoljić, M., Novović, J., Veselinović, M. (2015). Dimensions of mechanical fibres in *Paulownia elongata* S. Y. Hu wood from different habitats. *Drvna Industr.*, 66(3), 229–234.
- Wang, W. Y., Pai, R. C., Lai, C. C., Lin, T. P. (1994). Molecular evidence for the hybrid origin of *Paulownia* Taiwanese based on RAPD markers and RFLP of chloroplast DNA. TAG. Theoretical and applied genetics. *Theoret. Angew. Genetik.*, 89, 271–275.
- Yavorov, N., Petrin, S., Valchev, I., Nenkova, S. (2014). Potential of fast growing poplar, willow and paulownia for bioenergy production. *Bulg. Chem. Commun.*, 47 (special issue A), 5–9.
- Zhu, Z. H., Chao, C. J., Lu, X. Y., Xiong, D. Y. (1986). *Paulownia* in China: Cultivation and utilization. Asian Network of Biological Sciences, Singapore and International Developmental Research Center, Canada.
- Zuazo, V. I. D., Bocanegra, J. A. J., Torres, F. P., Pleguezuelo, C. R. R., Martínez, J. R. F. (2013). Biomass yield potential of paulownia trees in a semi-arid Mediterranean environment (S Spain). *Int. J. Renew. Ener. Res.*, 3(4), 789–793.

## THE USE OF WOOD AND THE POSSIBILITY OF PLANTING TREES OF THE *PAULOWNIA* GENUS

### ABSTRACT

The work presents a review of the literature concerning the industrial use of the *Paulownia* genus. The purpose of the study was to analyse the current state of knowledge and potential for planting industrial hybrids of *Paulownia*. The paper presents botanical affiliation, a brief historical outline, the use of wood, climate requirements and experience with young hybrid crops. Based on the literature review, it may be concluded that the main purpose of cultivation in short cycles is to produce wood pulp for the needs of the pulp and energy industry rather than the other branches of the wood industry. It is worth noting that the provided technical parameters, chemical composition, requirements for growing conditions and biomass production, differ for the other species of *Paulownia* as well as various hybrids. It cannot be definitely stated that *Paulownia* is a universal species and gives the same effects under various conditions, but an attempt should be taken to determine the suitability of selected species or their hybrids for specific purposes.

**Keywords:** fast growing plantations, paulownia wood, biomass, hybrids of *Paulownia*