

OCHRANA PROTI MRAZU U PAULOWNIA CLON *IN VITRO* 112®FROST PROTECTION OF PAULOWNIA CLON *IN VITRO* 112®

JIRÍ KADLEC ✉ - KATEŘINA NOVOSADOVÁ - RADEK POKORNÝ

Mendelova univerzita v Brně, Fakulta Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: jiri.kadlec.uzpl@mendelu.cz

ABSTRACT

Based on extensive damage that had been caused to all individuals of Paulownia Clon *in vitro* 112® by frost during the winter season of 2016–2017 at our plantations Střelice and Vlčatín (Czech Republic), we decided to research what would protect the stem against frost. We chose plants of similar heights and root-collar diameters in the autumns before the winter seasons of 2017–2018 and 2018–2019. We applied three types of mechanical protection (non-woven fabric, paper bag and Tubex®), four types of chemical protection (foliar sprays Borax, Cukrovital® K400 and Borosan, and white paint on the stem) and left some of the plants as the reference. After these two winter seasons, we measured the height of the live part of each stem. Our results showed that Tubex® is unsuitable for frost protection. Here, the height of the live part of the stem was only approx. 9 cm, which was 10% of the mean total height. On the other hand, the best protection seemed to be the wrapping of the stem with a paper bag or non-woven fabric or painting the stem with white paint. After these types of protection, the heights of the live parts of the stems were the tallest but made up only 50–60% of the total heights measured before the winter seasons. In conclusion we can state that in terms of profitability of the plantations the frost protection of Paulownia Clon *in vitro* 112® was not successful.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: výška živé části kmene; poškození mrazem; mechanická ochrana; chemická ochrana; paulownie; mrazuvzdornost

Key words: height of live part of stem; frost damage; mechanical protection; chemical protection, Paulownia; frost resistance

ÚVOD

Dostupnost kvalitních sortimentů dříví pro dřevozpracující průmysl bude v nadcházejících letech čím dál více omezena (KNAUF, FRÜHWALD 2015). Jednou z možností, jak uspokojit trh, je využití rychle rostoucích dřevin (BUCHHOLZER 1992). K dosažení těchto cílů lze využít mnoho druhů dřevin, například *Acacia* sp., *Ailanthus altissima*, *Alnus* sp., *Casuarina* sp., *Eucalyptus* sp., *Fraxinus* sp., *Gmelina arborea*, *Paulownia* sp., *Platanus* sp., *Populus* sp., *Prosopis* sp., *Robinia pseudoacacia*, *Salix* sp., *Tectona* sp. nebo *Ulmus pumila* (ARMSTRONG et al. 1999; SIXTO et al. 2007). V klimatických podmínkách České republiky (ČR) by mohla být využita i v pilařském průmyslu *Paulownia* sp., protože její dřevo je lehké, pevné, světlého zbarvení (AKYILDIZ, HAMİYET 2010), je lehce zpracovatelné a vhodné pro řezbářství (ATES et al. 2008), stavitelství (GARCÍA-MOROTE et al. 2014) nebo na výrobu celulóz a biopaliva (YADAV et al. 2013).

Působení nízkých teplot může u rostlin vyvolat stres, v krajním případě poškození rostlinných pletiv (LARCHER 1988). Poškození rostlinných pletiv nízkými teplotami souvisí s tvorbou ledových krystalů v rostlinných pletivech (ČERMÁK et al. 2004). Při teplotách 0 až 2 °C se volná voda mění v gel, který rostlinu mechanicky nepoškozuje (MAUER 2009). Teplotu, která způsobuje poškození nezdřevnatělých výhonů, stanovil MAUER (2009) obecně na 2 °C, což je teplota, při níž se volná voda v pletivech mění v ledové krystalky. Poškození rostliny způsobuje tvorba ledových krystalků v mezibuněčných prostorech a ve vakuolách, což vede ke snížení vodního potenciálu v těchto buněčných strukturách, k jejich mechanickému poškození a také k dehydrataci cytosolu (PAVLOVÁ 2006). Naproti tomu rostliny, které již vstoupily do dormance, jsou schopny snášet bez poškození i teploty hluboko pod bodem mrazu, například jehličnany až -40 °C (REPO 1992).

Na konci vegetačního období pozvolna klesají teploty, kdy po dobu několika dní až týdnů jsou rostliny vystaveny teplotám blízkým nule (ROŽNOVSKÝ et al. 2017; obr. 1, 2).

Fáze postupného otužování se skládá z několika dílčích částí, kdy dochází k navýšování koncentrace sacharidů v protoplasmě, buňky snižují svůj obsah vody a centrální vakuola se dělí na několik menších vakuol (LEVITT 1980). ČERMÁK et al. (2005) uvádí, že postupné otužování může být přerušeno teplotními výkyvy během podzimního období, kdy při vyšších teplotách rostlina opětovně vstupuje znovu do jednotlivých fází otužování. Výskyt časných mrazů v průběhu otužování zapříčiňuje snížení odolnosti pletiv vůči následnému mrazu. LEVITT (1980) uvádí, že panuje velmi úzká souvislost mezi opětovným obnovením růstu a ztrátou mrazuvzdornosti v jarním období. Pokud teploty během zimního období nebo na jeho konci překročí teplotu 8 °C, tak rostliny velmi rychle ztrácí svoji odolnost vůči mrazu (ČERMÁK et al. 2005).

Je prokázáno, že vlivem změny klimatu se v ČR během posledních dekád výrazně prodloužilo vegetační období, což s sebou přináší riziko výraznějšího dopadu pozdních a časných mrazů (STŘEDA et al. 2011). Teplotní gradient všeobecně uváděný pro paulovnicku se pohybuje v rozmezí -25 až +47 °C (EL-SHOWK, EL-SHOWK 2003), nebo dle ZHAO-HUA et al. (1986) v rozmezí -20 až +41 °C. Avšak mezi jednotlivými druhy existují až propastné rozdíly především v odolnosti vůči účinkům mrazu. Zatímco *Paulownia tomentosa* by měla snést mrazy až -20 °C, *Paulownia taiwaniana* snáší teploty pouze do +2 °C (ZHAO-HUA et al. 1986). ZHAO-HUA et al. (1986) upozorňuje, že mladé stromky a semenáčky jsou daleko náchylnější k poškození mrazem než starší stromy, takže jim nemusí hraniční hodnoty teplotního gradientu vyhovovat. ZHAO-HUA et al. (1986) popisují poškození nadzemní části mrazem u *Paulownia fortunei* a *P. elongata* jako běžný jev, kdy dochází nejčastěji k poškození terminálního pupenu a prvních dvou internodií. ZHAO-HUA et al. (1986) na základě počtů deformací kmene odhaduje stáří jedince.

Paulownia Clon in vitro 112' byla vyšlechtěna v roce 2003 (ICKA et al. 2016) jakožto hybrid *Paulownia elongata* a *P. fortunei* (MORENO et al. 2017). Po vzniku jedinců požadovaných vlastností byli následně tyto jedinci množeni vegetativní metodou *in vitro* (PAULOWNIA112 2021). Tento klon vyšlechtili v laboratoři společnosti IN VITRO S.L. (Barcelona, Španělsko). Růstové vlastnosti, a především adaptabilitu na půdní prostředí, testovala Universita Castilla-La Mancha (DEL CERRO-BARJA 2009). Šlechtitelé z katedry lesnictví a genetiky na Univerzitě Castilla-La Mancha (Španělsko) považují klon za jednu z nejceněnějších odrůd paulovnie z hlediska použitelnosti (FORBES 2016). V ČR byl tento klon prodáván firmou Oxytree Solution s.r.o. (Rejstřík firem 2022).

Přestože byl vyšlechtěn pro semi-aridní klima (GARCÍA-MOROTE et al. 2014), podle BIKFALVI (2014) se tento klon vyznačuje vysokou přizpůsobivostí místním klimatickým poměrům. Dle BIKFALVI (2014) není tento hybrid invazivní. Klon je vysoce odolný proti extrémním teplotám, vydrží teplotní interval -25 až +40 °C (CUOMO 2014). Potřebný roční úhrn srážek je cca 750 mm (UCLM 2013), JABLOŇSKI (2016) uvádí minimálně 800 mm. Hladina spodní vody musí být nižší než 2 m (JABLOŇSKI 2016). *Paulownia Clon in vitro* 112' potřebuje půdu s pH v rozmezí 5,5–8,7 (UCLM 2013).

Paulownia Clon in vitro 112' má rychlejší růst ve srovnání s jinými hybridy paulovnie (ICKA et al. 2016). Po třetím roce výsadby dosahují stromy výčetní tloušťky 25–30 cm, výšky 15–20 m a objemu cca 0,3 m³/strom (ICKA et al. 2016). Toto tvrzení je odlišné od zprávy vydané UCLM (2013), která uvádí, že po šesti letech mohou stromy mít průměr i 30 cm, výšku 16 m a objem kmene 0,5 m³. Kořeny dosahují do hloubky 9 m (UCLM 2013). Pařezovou výmladností lze obnovit plantáž, a to 3–5× (UCLM 2013). JABLOŇSKI (2016) uvádí, že je možné

využít 4 cykly výmladkového hospodaření, přičemž doba obmýtlí bude 4 roky.

Na základě poškození kmene mrazem během zimního období 2016–2017 (obr. 1 a 2), kdy byli výrazným způsobem poškozeni všichni jedinci (v krajním případě docházelo k poškození celého kmínku), jsme se rozhodli aplikovat a srovnat různé mechanické a chemické ochrany kmene proti mrazu na vybrané rostliny na dvou plantážích v ČR. A podle výsledků najít nejvhodnější ochranu kmene proti mrazu.

MATERIÁL A METODIKA

Popis ploch

Jednotlivé metody ochrany proti mrazu byly testovány v zimních obdobích 2017–2018 a 2018–2019 na plochách ve Střelcích (ČR; 49°09'16,1" N; 16°28'25,7" E) a ve Vlčatině (ČR; 49°18'21,7" N; 15°57'02,2" E).

Plocha ve Střelcích byla založena na zemědělské půdě v roce 2016 a je doposud největší výsadbou *Paulownia Clon in vitro* 112' v ČR. Plantáž má rozlohu cca 5 ha a je rozdělena na dvě dílčí plochy, které jsou od sebe vzdáleny cca 300 m. Obě se nacházejí v nadmořské výšce okolo 320 m n. m. V letech 2016 a 2017 byly na obou plochách vysazeny krytokořenné sazenice vypěstované vegetativní metodou *in vitro* (University of Castilla-La Mancha, Španělsko) a dodané společností Oxytree Solutions s.r.o. Rostliny měly výšku 20 ± 2 cm a tloušťku kořenového krčku 5 ± 1 mm (průměr ± standardní chyba). Podle půdního rozboru provedeného Ústavem geologie a pedologie Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně se plantáž nachází na hnědozemí luvické, která má hloubku 110 cm. Spadá do jedné z nejteplejších zón ČR, a to do teplé oblasti T2 s krátkou, suchou a mírně teplou zimou s průměrnou teplotou v lednu v rozmezí 2 až 3 °C (QUITT 1971). Průměrné a minimální měsíční hodnoty teploty vzduchu za období 2017–2019 z klimatické stanice v Troubsku jsou uvedeny v tab. 1.

Plocha ve Vlčatině byla založena na soukromé zahradě v roce 2016. Výsadba má rozlohu cca 0,1 ha a nachází se v nadmořské výšce 525 m n. m. V roce 2016 tam byly vysazeny krytokořenné sazenice vypěstované vegetativní metodou *in vitro* (University of Castilla-La Mancha, Španělsko) a dodané společností Oxytree Solutions s.r.o. Rostliny měly výšku 20 ± 2 cm a tloušťku kořenového krčku 5 ± 1 mm (průměr ± standardní chyba). Dle provedeného pedologického průzkumu se výsadba nachází na hnědozemí, v mírně teplé oblasti MT5 s mírně chladnou a suchou zimou s průměrnou teplotou v lednu v rozmezí 5 až 4 °C (QUITT 1971). Průměrné a minimální měsíční hodnoty teploty vzduchu za období 2017–2019 z klimatické stanice ve Velkém Meziříčí jsou uvedeny v tab. 1.

Plantáž ve Střelcích – Zazimování 2017–2018

Pro stanovení účinnosti ochrany bylo na podzim vybráno dvanáct dvouletých rostlin obdobné velikosti pro každou variantu ochrany (tab. 2). K zazimování byly použity tyto druhy ochrany:

- Netkaná textilie;
- Tepelná izolace Tubex® („Tubex“);
- Rostliny bez ochrany („bez ochrany“).

Plantáž ve Střelcích – Zazimování 2018–2019

Na konci července bylo vybráno 20 tříletých rostlin (rok výsadby 2016) a 20 dvouletých rostlin (rok výsadby 2017) pro každou variantu ochrany. Tyto rostliny byly vybrány tak, aby mezi jejich výškami

Tab. 1.

Průměrné a minimální měsíční hodnoty teploty vzduchu

Mean and minimum monthly air temperatures

		Leden/ January	Únor/ February	Březen/ March	Duben/April	Květen/May	Červen/ June	Červenec/ July	Srpen/ August	Září/ September	Říjen/ October	Listopad/ November	Prosinec/ December
Vičatín													
2017	Průměrné/ Mean	-6,1	0,6	6	7	14,6	19,3	19,5	19,6	11,9	9,2	3,6	0,4
2018		1,3	-3,5	0,9	13	17,1	18,2	20,2	21,3	14,2	9,8	4,3	0,3
2019		-2,1	1,1	5,2	9,4	11	21	19,2	19,6	13	8,6	5,8	0,9
2017	Minimální/ Minimum	-12,4	-3,7	1,8	-0,3	3,5	13,4	14	13	8,5	3,3	-0,1	-5,9
2018		-3,7	-11,8	-9,4	4,5	11,3	11,4	13,2	12,9	4,4	5,5	-5,3	-4,8
2019		-8,6	-5,4	0,7	3,4	5,2	16	14,2	14,5	6,5	-0,4	-1,8	-4,6
Střelice													
2017	Průměrné/ Mean	-5,5	1,3	7,4	8,4	15,2	20,1	20,4	20,8	13,2	10,1	4,6	1,6
2018		1,9	-2	2,1	14,1	18	19,6	21,5	22,8	16	11,1	5,6	1,5
2019		-0,9	2,4	6,7	11,1	12,2	22	20,3	20,8	14,6	9,9	6,8	2
2017	Minimální/ Minimum	-11,4	-4,2	2,7	1,3	5,1	14,7	15,5	14,5	9,8	5,4	0,8	-2,9
2018		-2,6	-10,2	-8,5	5,1	11,6	13,2	14,9	13,8	7	7,3	-3,3	-3
2019		-6,9	-3,1	1,4	4,9	6,7	17,7	15,9	16,3	9	2,2	-0,2	-4,1

**Obr. 1.**

Jedinec, jehož kmen je z cca 50 % poškozen mrazem (foto J. Kadlec)

Fig. 1.

Paulownia with 50% stem damage (photo J. Kadlec)

**Obr. 2.**

Detail poškození nadzemní části mrazem (foto J. Kadlec)

Fig. 2.

Frost damage in Paulownia stem (photo J. Kadlec)

a tloušťkou kmínku v 10 cm nebyl nalezen statisticky významný rozdíl (tab. 2). K zazimování byly použity tyto druhy ochrany:

- Vícevrstvý papírový pytel („papírový pytel“);
- Postřik přípravkem Borax („Borax“; výrobce PROXIM s.r.o.);
- Postřik přípravkem Cukrovital K400 („Cukrovital“; výrobce Agromont Bratislava, a.s.);
- Postřik přípravkem Borosan („Borosan“; výrobce LOVOCHEMIE a.s.);
- Nátěr přípravkem Zdravá zahrada z přírodních zdrojů – bílý nátěr na kmeny („nátěr“; výrobce Forestina s.r.o.);
- Rostliny bez ochrany („bez ochrany“).

Výsadba ve Vlčatině – Zazimování 2017–2018

Pro stanovení účinnosti této ochrany bylo na podzim vybráno 13 dvouletých rostlin obdobné velikosti pro každou variantu ochrany (tab. 3). K zazimování byly použity tyto druhy ochrany:

- Vícevrstvý papírový pytel („papírový pytel“);
- Netkaná textilie;
- Rostliny bez ochrany („bez ochrany“).

Výsadba ve Vlčatině – Zazimování 2018–2019

Na konci července bylo vybráno 10 tříletých rostlin pro každou variantu ochrany. Tyto rostliny byly vybrány tak, aby mezi výškami rostlin a tloušťkou kmínku v 10 cm nebyl nalezen statisticky významný rozdíl (tab. 3). K zazimování byly použity tyto druhy ochrany:

- Vícevrstvý papírový pytel („papírový pytel“);
- Postřik přípravkem Borax („Borax“; výrobce PROXIM s.r.o.);
- Nátěr přípravkem Zdravá zahrada z přírodních zdrojů – bílý nátěr na kmeny („nátěr“; výrobce Forestina s.r.o.);
- Rostliny bez ochrany („bez ochrany“).

METODIKA PRÁCE

Netkaná textilie: na podzim po opadu asimilačního aparátu byly rostliny ovázány netkanou textilií. Celý kmen byl od terminálního pupenu až po kořenový krček ovázán netkanou textilií (s přesahem cca 15 cm nad terminální pupen). Nad terminálním pupenem byla textilie stočena, ohnuta a utažena pomocí samovázacích pásek s blokovacím systémem. U kořenového krčku byla textilie kolem něj obtočena a přiměřeně utažena pomocí samovázacích pásek s blokovacím systémem.

Tab. 2.

Vyhodnocení vhodnosti rostlin vybraných pro zazimování na plantáži ve Střelcích v roce 2017 a 2018
Evaluation of suitability of plants selected for winterization in Střelce in 2017 and 2018

Varianta ochrany/ Type of protection	Výška rostliny/ Height of plant ($\pm$ SD) [cm]	SS	Tloušťka rostliny/ Thickness of plant ($\pm$ SD) [mm]	SS	Průměrná výška ochrany/ Mean height of protection ($\pm$ SD) [cm]
Zazimování 2017–2018 (n = 12/varianta)/Winterization 2017–2018 (n = 12/type of protection)					
Bez ochrany ¹	65,4 ($\pm$ 20,3)	Ns	18,5 ($\pm$ 6,4)	ns	
Netkaná textilie ²	61,1 ($\pm$ 17,8)	Ns	15,9 ($\pm$ 5,6)	ns	67,8 ($\pm$ 11,6)
Tubex	68,7 ($\pm$ 20,3)	ns	20,4 ($\pm$ 7,5)	ns	74,3 ($\pm$ 10,4)
Zazimování 2018–2019 (n=20/varianta)/Winterization 2018–2019 (n = 20/type of protection)					
Dvouleté rostliny/Two-year-old plants					
Bez ochrany	120,4 ($\pm$ 18,1)	ns	19,9 ($\pm$ 5,5)	ns	
Papírový pytel ³	112,7 ($\pm$ 15,2)	ns	22,2 ($\pm$ 4,2)	ns	124,7 ($\pm$ 11,9)
Cukrovital	115,5 ($\pm$ 18,3)	ns	16,9 ($\pm$ 4,7)	ns	Celá rostlina ⁵
Borax	115,6 ($\pm$ 17,4)	ns	21,7 ($\pm$ 7,5)	ns	Celá rostlina
Borosan	109,0 ($\pm$ 18,0)	ns	20,9 ($\pm$ 7,1)	ns	Celá rostlina
Nátěr ⁴	111,0 ($\pm$ 15,6)	ns	18,2 ($\pm$ 7,4)	ns	Celá rostlina
Tříleté rostliny/Three-year-old plants					
Bez ochrany	109,3 ($\pm$ 15,8)	ns	23,9 ($\pm$ 6,5)	ns	
Papírový pytel	113,5 ($\pm$ 15,2)	ns	17,8 ($\pm$ 5,3)	ns	125,3 ($\pm$ 12,7)
Cukrovital	113,8 ($\pm$ 18,2)	ns	24,2 ($\pm$ 5,6)	ns	Celá rostlina
Borax	119,0 ($\pm$ 16,7)	ns	19,6 ($\pm$ 5,6)	ns	Celá rostlina
Borosan	116,0 ($\pm$ 16,7)	ns	22,9 ($\pm$ 5,2)	ns	Celá rostlina
Nátěr	116,5 ($\pm$ 16,1)	ns	25,8 ($\pm$ 5,1)	ns	Celá rostlina

SD – směrodatná odchylka/standard deviation

SS – statistická významnost/statistical significance

ns – bez statistické významnosti/no statistical significance

¹Reference plant; ²Non-woven fabric; ³Paper bag; ⁴Painting; ⁵Whole plant

Tubex: na podzim po opadu asimilačního aparátu byl na rostliny navléknut Tubex, přičemž chránil kmínek od terminálního pupenu až ke kořenovému krčku tak, aby nad terminálním pupenem bylo cca 15 cm Tubexu. Oba konce Tubexu (nad terminálním pupenem a u kořenového krčku) byly utaženy pomocí samovázacích pásek s blokovacím systémem.

Vícevrstvý papírový pytel: na podzim po opadu asimilačního aparátu byl kmen rostlin obalen papírovým pytle. Ovaz papírovým pytle přesahoval terminální pupen cca o 15 cm a zakrýval kmen do výšky cca 20–25 cm nad zemí. Oba konce papírového pytle (nad terminálním pupenem a v dolní části kmene) byly utaženy pomocí samovázacích pásek s blokovacím systémem.

Postřiky: jednotlivé druhy postřiků byly aplikovány na asimilační aparát vybraných rostlin od začátku srpna do poloviny září ve třech dávkách v cca 3týdenním intervalu. Jednotlivé přípravky byly ředěny vodou dle příbalových etiket (koncentrace vhodná pro dřeviny).

Nátěr: na podzim po opadu asimilačního aparátu byl celý kmen rostlin natřen nátěrem.

Rostliny bez ochrany: byly ponechány bez zazimování.

V následujícím roce po aplikaci zazimovacích ochrany byly v půli března (Střelice) a v půli dubna (Vlčatín) odstraněny všechny použité mechanické ochranné prvky a změřena živá část kmene u všech rostlin, na nichž byla aplikována ochrana.

Statistická analýza

Veškerá statistická data byla vyhodnocena v TIBCO Statistica™, s intervalem spolehlivosti 95 %.

K vyhodnocení reprezentativnosti vybraných jednoletých a dvouletých rostlin k tvarové úpravě kmene a vyvívání byla použita analýza rozptylu (ANOVA) a následně pro odhalení rozdílů mezi variantami byl využit Fisherův LSD test.

K vyhodnocení výsledků byl použit za účelem zjištění normality a homogenity rozptylu dat Šapírov-Wilkův test. Výsledky umožnily použít parametrické testování k vyhodnocení rozdílů, proto byla použita analýza rozptylu (ANOVA) a následně pro odhalení rozdílů mezi variantami byl využit Fisherův LSD test.

VÝSLEDKY

Zazimování ve Střelicích

Po zazimování 2017–2018 byly velmi patrné rozdíly ve výšce živé části kmene mezi jednotlivými variantami ochrany (obr. 3). Průměrná živá nadzemní část byla nejvyšší u rostlin, které byly chráněny netkanou textilií ($26,8 \pm 7,8$ cm), a naopak nejmenší živou část jsme naměřili u rostlin chráněných Tubexem. Kontrolní rostliny měly výšku živé části kmene mezi nejvyššími a nejnižšími hodnotami. Procentuální rozdíly a hodnoty statistické významnosti jsou uvedeny v tab. 4.

Po zazimování 2018–2019 byl rozdíl u dvouletých rostlin mezi nejvyšší živou nadzemní částí a nejnižší pouze 11,8 cm (obr. 3). Přesto, dle statistického vyhodnocení, jsme našli statisticky významné rozdíly. Nejvyšší výška živé části kmene byla u rostlin, které byly zabalené do papírových pytlů ($47,0 \pm 3,5$ cm), a u rostlin, které byly natřeny ($46,0 \pm 5,4$ cm). Naopak nejnižší živou část měly rostliny, které nebyly nijak chráněny ($35,2 \pm 3,1$ cm). Výška živé části byla také malá i u rostlin, které byly ošetřeny postřiky – zpravidla se jejich hodnoty pohybovaly mírně nad hodnotami nechráněných rostlin. Procentuální rozdíly a hodnoty statistické významnosti jsou uvedeny v tab. 4.

Po zazimování 2018–2019 byl rozdíl u tříletých rostlin mezi nejvyšší živou nadzemní částí a nejnižší pouze 14,3 cm (tab. 4). Přesto jsme našli statisticky významné rozdíly. Nejvyšší výška živé části kmene byla při použití nátěru ($65,1 \pm 5,4$ cm) a papírového pytle ($60,0 \pm 2,7$ cm). Naopak nejnižší část živého kmene měly rostliny bez ochrany ($50,8 \pm 2,5$ cm). Průměrné výšky živé části kmene se u rostlin chráněných pomocí postřiků pohybovaly mírně nad hodnotami nechráněných rostlin. Procentuální rozdíly a hodnoty statistické významnosti jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 3.

Vyhodnocení vhodnosti rostlin vybraných pro zazimování na plantáži ve Vlčatíně v roce 2017 a 2018
Evaluation of suitability of plants selected for winterization in Vlčatín in 2017 and 2018

Varianta ochrany/ Type of protection	Výška rostliny/ Height of the plant ($\pm$ SD) [cm]	SS	Tloušťka rostliny/ Thickness of the plant ($\pm$ SD) [mm]	SS	Průměrná výška ochrany/ Mean height of protection ($\pm$ SD) [cm]
Zazimování 2017–2018 (n = 13/varianta)/Winterization 2017–2018 (n = 13/type of protection)					
Bez ochrany ¹	114,1 ($\pm$ 20,8)	ns	27,4 ($\pm$ 4,9)	Ns	
Papírový pytel ²	108,6 ($\pm$ 15,2)	ns	27,7 ($\pm$ 4,2)	Ns	123,1 ($\pm$ 10,1)
Netkaná textilie ³	112,0 ($\pm$ 14,9)	ns	30,2 ($\pm$ 3,9)	Ns	128,3 ($\pm$ 7,6)
Zazimování 2018–2019 (n = 10/varianta)/Winterization 2018–2019 (n = 10/type of protection)					
Bez ochrany	168,1 ($\pm$ 21,1)	ns	35,2 ($\pm$ 3,2)	Ns	
Papírový pytel	165,1 ($\pm$ 21,0)	ns	35,5 ($\pm$ 3,1)	Ns	179,3 ($\pm$ 14,3)
Borax	162,4 ($\pm$ 23,3)	ns	35,9 ($\pm$ 3,9)	Ns	Celá rostlina ⁵
Nátěr ⁴	165,3 ($\pm$ 22,1)	ns	36,2 ($\pm$ 3,5)	Ns	Celá rostlina

SD – směrodatná odchylka/standard deviation

SS – statistická významnost/statistical significance

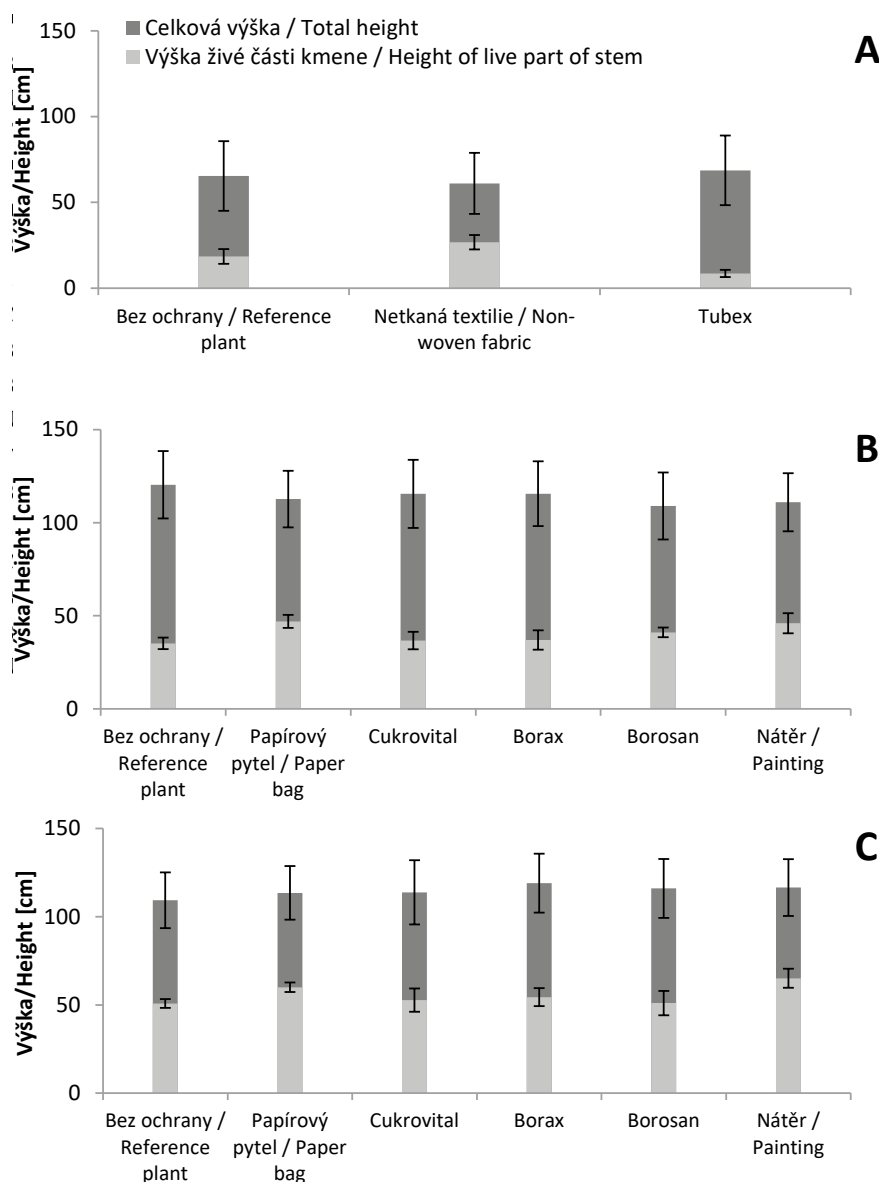
ns – bez statistické významnosti/no statistical significance

¹Reference plant; ²Non-woven fabric; ³Paper bag; ⁴Painting; ⁵Whole plant

Zazimování ve Vlčatíně

Po zazimování 2017–2018 byly rozdíly mezi chráněnými a nechráněnými rostlinami viditelné (obr. 4). Výška živé části kmene u rostlin bez ochrany dosahovala pouze 31,9 cm ($\pm 5,4$ cm). Naproti tomu výška živé části kmene u rostlin, které byly chráněny proti mrazu, přesahovala mírně 44 cm bez ohledu na druh ošetření. Statisticky významný rozdíl mezi výškou živé části u rostlin bez ochrany a s ochranou papírového pytle byl 28 % ($p = 0,0017$) a u rostlin bez ochrany a s ochranou netkané textilie 29 % ($p = 0,0021$).

Po zazimování 2018–2019 nebyly rozdíly mezi nechráněnými a chráněnými rostlinami tak patrné, jako při použití zazimovacích technik v předcházejícím roce (obr. 4). Nejnížší průměrné výšky živé části kmene dosahovaly rostliny bez ochrany ($110,0 \pm 8,9$ cm). Při aplikaci ochranných prostředků Borax a nátěr byla výška živé části kmene mírně vyšší oproti výšce, kterou dosahovaly rostliny bez ochrany, avšak bez statistického významu. Jediné ošetření, které statisticky významně ochránilo rostliny (oproti rostlinám bez ochrany), bylo obalení rostlin s průměrnou výškou živé části kmene $123,1 \pm 6,3$ cm ($p = 0,389$) papírovým pytle.

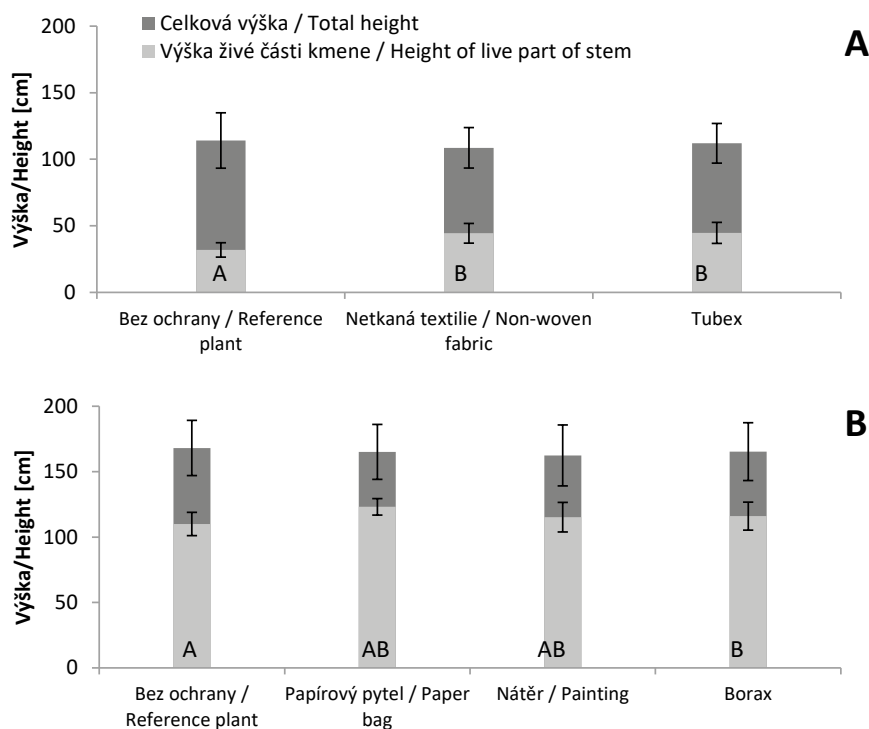


Obr. 3.

Celkové výšky před zimními obdobími a výšky živých částí kmenů po zimních obdobích 2017–2018 a 2018–2019 ve Střelici. A – zazimování 2017–2018; B – zazimování 2018–2019 dvouleté rostliny; C – zazimování 2018–2019 tříleté rostliny

Fig. 3.

Total heights before the winter seasons and the heights of live parts of the stems after the winters of 2017–2018 and 2018–2019 in Střelice. A – wintering 2017–2018; B – wintering 2018–2019 two-year-old plants; C – wintering 2018–2019 three-year-old plants

**Obr. 4.**

Celkové výšky před zimními obdobími a výšky živých částí kmenů po zimních obdobích 2017–2018 a 2018–2019 ve Vlčatíně. A – zazimování 2017–2018; B – zazimování 2018–2019. Velká písmena značí statisticky homogenní skupiny jednotlivých variant ochrany ($p = 0,95$)

Fig. 4.

Total heights before the winter seasons and the heights of live parts of the stems after the winters of 2017–2018 and 2018–2019 in Vlčatín. A – winterization 2017–2018; B – winterization 2018–2019. Upper-case letters denote statistically homogeneous groups of individual types of protection ($p = 0.95$)

Tab. 4.

Procentuální rozdíly a hodnoty statistické významnosti mezi variantami zazimování. Procenta ukazují o kolik procent kratší je živá část kmene rostliny s variantou ochrany v řádku ve srovnání s živou částí kmene rostliny s variantou ochrany ve sloupci (např.: živá část rostliny chráněná variantou Tubex byla o 54 % nižší než živá část rostliny bez ochrany)

Percentage differences and values of statistical significance among variants of winterization. The percentages indicate how much shorter the live part of the stem with the protection named in the row is when compared to the protection named in the column (e.g., the live part of the plant protected by Tubex was 54 % shorter than the live part of the reference plant)

Zazimování 2017–2018/Winterization 2017–2018		
Varianta/Type of protection	Bez ochrany	Netkaná textilie ²
Tubex	54 % ($p = 0,0007$)	68 % ($p = 0,0001$)
Bez ochrany ¹		31 % ($p = 0,0371$)
Zazimování 2018–2019 – dvouleté rostliny/Winterization 2018–2019 – two-year-old plants		
Varianta/Type of protection	Papírový pytel ³	Nátěr ⁴
Bez ochrany	25 % ($p = 0,0021$)	23 % ($p = 0,0032$)
Cukrovital	22 % ($p = 0,0143$)	
Borax	21 % ($p = 0,0139$)	
Borosan	13 % ($p = 0,0271$)	
Zazimování 2018–2019 – tříleté rostliny/Winterization 2018–2019 – three-year-old plants		
Varianta/Type of protection	Papírový pytel	Nátěr
Bez ochrany	15 % ($p = 0,0034$)	22 % ($p = 0,0002$)
Cukrovital		19 % ($p = 0,0378$)
Borax		16 % ($p = 0,0417$)
Borosan		22 % ($p = 0,0396$)

¹Reference plant; ²Non-woven fabric; ³Paper bag; ⁴Painting

DISKUSE

Komplexní porovnání výsledků této práce je kvůli minimu literárních zdrojů zabývajících se pěstováním paulownií v podmínkách střední Evropy obtížné. Práce přímo spjaté s problematikou zazimovacích technik a jejich vyhodnocení u paulownií neexistují, obzvláště u *Paulownia Clon in vitro* 112', která by se měla vyznačovat svojí výraznou mrazuvzdorností (ICKA et al. 2016). Dle našich výsledků je patrné, že tvrzení ICKA et al. (2016) o odolnosti *Paulownia Clon in vitro* 112' vůči mrazu se na našich plochách nepotvrdilo. Na plantáži se projevovalo poškození mrazem výrazným vymrznutím nadzemní části.

ICKA et al. (2016) popisují, že *Paulownia Clon in vitro* 112' snáší teploty vzduchu až do 25 °C. Podle ČHMÚ nebyla tato mezní teplota na sledovaných plantážích zaznamenána. Dle CHMI (2021) na plochách nebyla teplota ve sledovaných zimních obdobích nižší nežli 10,2 °C a 6,9 °C ve Střelčicích u Brna a ve Vlčatíně -11,8 °C a -8,6 °C. Mráz by proto neměl rostliny poškodit. Po každém zimním období jsme však zaznamenali výrazné poškození mrazem nadzemních částí všech rostlin.

ZHAO-HUA et al. (1986) popisují poškození nadzemní části mrazem u *Paulownia fortunei* a *P. elongata* jako běžný jev, a dokonce podle počtu poškození kmene mrazem odhadují stáří jedince. Podle výše zmíněných autorů je mrazem poškozen terminální pupen a až čtyři páry protistojných pupenů. Avšak podle našich výsledků docházelo k masivnějšímu poškození. V některých případech byla poškozena celá nadzemní část. Vymrznutí nadzemní části u jednoletých rostlin popisují i ZHAO-HUA et al. (1986) jako běžné, avšak na našich plochách došlo k vymrznutí nadzemní části i u tříletých rostlin. Přestože BIKFALVI (2014) popisuje *Paulownia Clon in vitro* 112' jako velice adaptabilní k různým klimatickým poměrům, byla vyšlechtěna především pro semi-aridní klima (GARCÍA-MOROTE et al. 2014). Klimatické podmínky ČR mají kratší vegetační období ve srovnání s délkou vegetačního období v semi-aridních oblastech (např. Španělsko). Během kratšího vegetačního období nemusí docházet k dostatečné lignifikaci nadzemní části, a ta je tak více náchylná k poškození mrazem.

Dle našeho výzkumu je naprosto nevhodná ochrana proti poškození mrazem Tubex, u něhož pravděpodobně docházelo ke kondenzaci vody, v důsledku jeho malé propustnosti vodních par. Díky tomu se vytvořily vhodné podmínky pro růst a vývoj houbových patogenů, které poškodily nadzemní část. Výsledkem bylo, že živá nadzemní část byla po zimě nižší ve srovnání s jinými druhy zimní ochrany, dokonce rostliny chráněny variantou Tubex byly nižší než rostliny bez ochrany.

Kýžených výsledků nebylo dosaženo ani aplikací foliálních postřiků obsahujících bor, kdy jsme předpokládali, že touto metodou zvýšíme odolnost rostlin vůči mrazu. Tento efekt popisuje například příbalový leták CARBONBOR K (Carbonbor K 2021). S obdobnou teorií jsme pracovali i v případě Cukrovital K400, kdy jsme předpokládali, že aplikace draslíku zrychlí vyzrávání pletiv, a tím se zvýší odolnost rostlin proti mrazu (Cukrovital K400 2021). Tato teorie se v našem případě však také nepotvrdila. Na základě našich výsledků soudíme, že je vhodné nadzemní část rostlin obvázat netkanou textilií nebo papírovým pytlem, popřípadě aplikovat nátěr bílou barvou. Při ovazu netkanou textilií nebo pytlem se mezi jednotlivými vrstvami vytváří slabé vrstvy vzduchu, přičemž vzniká izolační vrstva. Nátěr bílou barvou eliminuje do určité míry nežádoucí zahřívání kmínku a s tím spojený výstup z dormance, což popisují i HESS, BECK (2012).

ZÁVĚR

Sledované výsadby *Paulownia Clon in vitro* 112' byly vysazeny v nižších a středních polohách v klimatických podmínkách ČR. Vzhledem k tomu, že po první zimě jsme na výsadbách zjistili výrazné poškození nadzemní části kmene, snažili jsme se najít zdroje informací o ochraně rostlin *Paulownia Clon in vitro* 112' před mrazem. Nenašli jsme však žádné relevantní studie, a proto jsme zkoušeli v letech 2017–2018 a 2018–2019 využít některé druhy ochrany. Společně s vlastníky ploch jsme se rozhodli použít tři druhy mechanických a čtyři druhy chemických ochrany a porovnat je jednak navzájem mezi sebou, jednak s kontrolními rostlinami.

Po každé zimě u námi použitých variant ochrany bylo zjištěno poškození kmene na všech rostlinách na obou plochách. Nejlépe ochránily kmen mechanické ochrany – netkaná textilie a papírový pytel – a chemická ochrana – nátěr. Avšak i při použití výše zmíněných způsobů zmrzl kmen průměrně o 50 % a v některých případech i více. Aplikace foliálních postřiků také nezabránila zmrznutí kmene, a navíc živá část kmene byla nižší nežli při využití výše zmíněných ochrany. Výška živé části kmene po aplikaci foliálních postřiků byla průměrně zhruba o 60 % nižší nežli celková výška rostliny, a to i u tříletých rostlin. Nejnižších živých částí dosahovaly rostliny, na které byl aplikován Tubex. Na těchto rostlinách byl rozdíl mezi výškou živé části kmene a celkovou výškou průměrně 90 %.

Na závěr musí autorský tým konstatovat, že žádná ze zvolených ochrany kmene proti vymrznutí nespĺnila očekávání a nedokázala v uspokojivé míře ochránit horní část kmínku před poškozením mrazem v kontextu provozního využití při pěstování *Paulownia Clon in vitro* 112'.

Poděkování:

Tento výzkum byl financován Interní grantovou agenturou (IGA) Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Grantová čísla: LDF_VP_2018018 ("Vliv rozdílných variant zazimovacích prací a výchovných zásahů na růst a kvalitu budoucí dřevní hmoty paulownií"), LDF_VP_2019011 ("Určení optimální závlahy pro růst paulownie") a LDF_VP_2020034 ("Optimalizace produkce sadebního materiálu *Paulownia* sp. generativní cestou (včetně předosevní přípravy semen) a vegetativní cestou (řízkováním nadzemní a podzemní části)").

Autoři děkují prof. Ing. Oldřichovi Maueroovi, Dr.Sc. za rady a věcné připomínky k metodice práce a Ing. Janu Hoblovi za anglickou korekturu textu. Dále děkují studentům, kteří se podíleli na terénním šetření v rámci svých závěrečných prací.

LITERATURA

- AKYILDIZ M.H., HAMİYET S.K. 2010. Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of Environmental Biology*, 31 (3): 351–355.
- ARMSTRONG A., JOHNS C., TUBBY L. 1999. Effect of spacing and cutting cycle on the yield of poplar grown as an energy crop. *Biomass and Bioenergy*, 17: 305–314. DOI: 10.1016/S0961-9534(99)00054-9
- ATES S., NI Y., AKGUL M., TOZLUOĞLU A. 2008. Characterization and evaluation of *Paulownia elongata* as a raw material for paper production. *African Journal of Biotechnology*, 7 (22): 4153–4158.
- BIKFALVI M. 2014. *Paulownia* – The intelligent tree [on-line] [cit. 2022-01-11]. Dostupné na/Available on: <http://www.paulowniagreene>.

- ro/wp-content/uploads/2012/11/Paulownia-Clon-in-Vitro-and-Paulownia-Cotevisa-2-Presentation-EN.pdf
- BUCHHOLZER P. 1992. Eignung von Pappelindustrieholz unterschiedlicher Klone, Altersstufen und Standorte für die Spanplattenherstellung. Holz-Zentralblatt, 118: 165–168.
- Carbonbor® K 2021. Příbalová etiketa CARBONBOR® K [on-line] [cit. 2022-01-25]. Dostupné na/Available on: www.klofac-hnojiva.cz/katalog/carbonbor-k
- Cukrovital® K400 2021. Příbalová etiketa CUKROVITAL® K400 [on-line] [cit. 2022-01-25]. Dostupné na/Available on: <https://asra.sk/cukrovital-k-400>
- CUOMO F. 2014. Progetto clone in vitro 112®. La nuova grande opportunità per l'agricoltura. AGRI innovazioni [on-line] [cit. 2022-01-05]. Dostupné na/Available on: <https://paperzz.com/doc/5214373/progetto-paulownia-clone-in-vitro-112>.
- ČERMÁK M., MARTINKOVÁ M., NÁROVEC V. 2005. Patologický účinek mrazu a sněhu na smrčiny. Lesnická práce, 84: 126–128.
- DEL CERRO BARJA A. 2009. Forestación de zonas semiráridas de Castilla-La Mancha con Paulownia spp. [on-line]. Cuenca, La Universidad de Castilla-La Mancha SP: 74 s. [cit. 2022-01-09]. Dostupné na/Available on: <https://www.paulownia112.com/wp-content/uploads/2015/10/INFORME-FINAL-PAULOW.pdf>
- EL-SHOWK N., EL-SHOWK S. 2003. The paulownia tree – An alternative for sustainable forestry [on-line]. Ain El-Aouda, Rabat, Morocco, The Farm; Beirut, Lebanon, Ur: 12 s. [cit. 2022-01-25]. Dostupné na/Available on: http://www.cropdevelopment.org/docs/PaulowniaBooklet_print.pdf.
- FORBES. 2016. To drzewo uratuje ludzskość [on-line] [cit. 2021-01-20]. Dostupné na/Available on: <https://innogy.forbes.pl/nauka-i-spolescenstwo/oxytree-drzewo-ktore-szybko-rosnie-i-produkuje-duzo-tlenu/9qehy83>.
- GARCÍA-MOROTE F.A., LÓPEZ-SERRANO F.R., MARTÍNEZ-GARCÍA E., ANDRÉS-ABELLÁN M., DADI T., CANDEL D., RUBIO E., LUCAS-BORJA M.E. 2014. Stem biomass production of *Paulownia elongata* x *P. fortunei* under low irrigation in a semi-arid environment. Forests, 5: 2505–2520. DOI: 10.3390/f5102505
- HESS R.A., BECK R. 2012. Der Forstschutz. T. Schutz gegen Menschen, Gewächse und atmosphärische Einwirkungen. Der Forstschutz: 461 s.
- CHMI. 2021. Historical data – Weather – Historical data 2020 [on-line] [cit. 2021-01-10]. Dostupné na/Available on: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace?l=en>
- ICKA P., DAMO R., ICKA E. 2016. *Paulownia tomentosa*, a fast growing timber. The Annals of “Valahia” University of Targoviste – Agriculture, 10: 14–19. DOI: DOI: 10.1515/agr-2016-0003
- JABŁOŃSKI D. 2016. Oxytree: Drewno do przerobu w tartaku w 6 lat od posadzenia drzewa [on-line] [cit. 2022-01-26]. Dostupné na/Available on: <https://www.drewno.pl/artykuly/10535,oxytree-drewno-do-przerobu-w-tartaku-w-6-lat-od-posadzenia-drzewa.html>
- KNAUF M., FRÜHWALD A. 2015. The future development of the German wood-based panel industry. Holztechnologie, 56: 5–12.
- LARCHER W. 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Praha, Academia: 361 s.
- LEVITT J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. New York, Academic Press: 365 s.
- MAUER O. 2009. Zakládání lesů I. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 172 s.
- MORENO J.L., BASTIDA F., ONDOÑO S., GARCÍA C., ANDRÉS-ABELLÁN M., LÓPEZ-SERRANO F.R. 2017. Agro-forestry management of Paulownia plantations and their impact on soil biological quality: The effects of fertilization and irrigation treatments. Applied Soil Ecology, 117–118: 46–56. DOI: 10.1016/j.apsoil.2017.05.001
- PAVLOVÁ L. 2006. Fyziologie rostlin. Praha, Karolinum: 254 s.
- PAULOWNIA112. 2021 [on-line]. [cit. 2022.01.11.]. Dostupné na/Available on: <https://www.paulownia112.com/#paulownia>
- QUITT E. 1971. Klimatické oblasti Československa. Brno, Geografický Ústav ČSAV: 73 s. Studia Geographica; 16.
- Rejstřík firem. 2022. OXYTREE SOLUTIONS s.r.o., Brno IČO 05211468 Obchodní rejstřík firemR [on-line]. [cit. 2021.01.05]. Dostupné na [www: https://rejstrik-firem.kurzy.cz/05211468/oxytree-solutions-sro/](https://rejstrik-firem.kurzy.cz/05211468/oxytree-solutions-sro/).
- REPO T. 1992. Seasonal changes of frost hardiness in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Finland. Canadian Journal of Forest Research, 2R: 1949–1957. DOI: 10.1139/x92-254
- ROŽNOVSKÝ J., ŠIŠKA B., SALAŠ P. 2017. Proč „Mrazy a jejich dopady“. In: Rožnovský J., Litschman T. (eds.): Mrazy a jejich dopady. Sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference. Hrubá Voda 26. – 27. 4. 2017. [Praha], Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu: 8 s. (CD)
- SIXTO H., HERNÁNDEZ M.J., BARRIO M., CARRASCO J., CAÑELLAS I. 2007. Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 16 (3): 277–294. DOI: 10.5424/srf/2007163-01016
- STŘEDA T., STŘEDOVÁ H., ROŽNOVSKÝ J. 2011. Podmínky pro přezimování polních plodin v kontextu vývoje klimatu. In: Salaš P. (ed.): Rostliny v podmínkách měnícího se klimatu. Vědecká příloha časopisu Úroda. Příspěvky z konference ve dnech 20. – 21. 10. 2011 v Lednici pořádané Českou vědeckou zahradnickou společností a Zahradnickou fakultou Mendelovy univerzity v Brně. Brno, Mendelova univerzita: 582–589.
- UCLM. 2013. Badanie wartości gospodarczej odmian (VCU) – Testowanie clon in vitro 112'. *Hibrid Paulownia elongata x Paulownia fortunei* [on-line]. Sprawozdanie techniczne (Czerwiec 2013) [cit.2019.11.23.]. Dostupné na/Available on: <http://oxytree.pl/wp-content/uploads/2018/11/Badanie-warto%C5%9Bci-gospodarczej-odmian-VCU.pdf>
- 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: 10.4236/ajps.2013.411259
- ZHAO-HUA Z., CHING-JU CH., XIN-YU L., XIONG Y.G. 1986. Paulownia in China: cultivation and utilization. Ottawa, International Development Research Centre; Singapore, Asian Network for Biological Sciences: 65 s. Dostupné na/Available on: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org>.

FROST PROTECTION OF PAULOWNIA CLON *IN VITRO* 112®

SUMMARY

Paulownia Clon *in vitro* 112' was cultivated in 2003 (IČKA et al. 2016) as hybrid *Paulownia elongata* a *P. fortunei* (MORENO et al. 2017) for semi-arid climatic conditions (GARCÍA-MOROTE et al. 2014). However, according to BIKFALVI (2014) this clone is characterized by a high adaptability to various climatic conditions, and should withstand temperatures ranging from -25°C to +40°C (CUOMO 2014).

Our research took place on two plantations, one in Střelice (49°09'16.1" N; 16°28'25.7" E) and the other in Vlčatín (49°18'21.7" N; 15°57'02.2" E), both were established on agricultural land in 2016 (Tab. 1). The plantation in Střelice has an area of ca. 5 hectares and is the greatest plantation of Paulownia Clon *in vitro* 112' in the Czech Republic (CR). The plantation in Vlčatín has an area of ca 0.1 hectare. Despite the claims that Paulownia Clon *in vitro* 112' is characterized by high adaptability to various climatic conditions (BIKFALVI 2014) and that it should withstand temperatures from -25°C to +40°C (CUOMO 2014), we recorded extensive damage to the stem by frost on all plants at both plantations during the winter season of 2016–2017 (Fig. 1. and 2.).

Based on this finding, we decided to experiment with various winterization techniques at both plantations during the 2017–2018 and 2018–2019 winter seasons. These techniques were chosen according to other people's experience in garden plots and ornamental tree nurseries, because we did not find any scientific paper dealing with stem protection from frost. We applied three types of mechanical protection (non-woven fabric, paper bag and Tubex®), four types of chemical protection (foliar sprays Borax, Cukrovital' K400 and Borosan, and white paint on the stem), and left some of the plants as reference.

In the autumns of 2017–2018 and 2018–2019 we chose plants of similar heights and thicknesses, and applied various winterization techniques. Before the 2017–2018 winter season we applied non-woven fabric and Tubex® in Střelice, and non-woven fabric and paper bags in Vlčatín. Before the 2018–2019 winter season we applied the paper bag and white painting on the stem and foliar sprays (Borosan, Borax, and Cukrovital' K400) in Střelice, and the paper bag and white paint on the stem, Borax spray in Vlčatín.

We assumed that (1) these insulation layers made up of mechanical protection would protect the stems, (2) improving plant nutrition through selected elements contained in foliar sprays would increase plant resistance to frost damage, and (3) the white stem would reflect heat and slow down the dormancy of the plant.

Our results showed that Tubex® is unsuitable for frost protection. Here, the height of the live part of the stem was only approx. 9 cm, which was 10% of the mean total height. On the other hand, the best protection seemed to be the wrapping of the stem with a paper bag or non-woven fabric or painting the stem with white paint (Fig. 3 and 4; Tab. 2, 3 and 4). After these types of protection, the heights of the live parts of the stems were the tallest but made up only 40-50% of the total heights measured before the winter seasons. In conclusion we can state that, in terms of profitability of the plantations, the frost protection Paulownia Clon *in vitro* 112' carried out using the above-mentioned methods was not successful.

Zasláno/Received: 15. 02. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 12. 04. 2022