

OCENA MROZODPORNOŚCI NOWYCH ODMIAN KRZEWÓW OZDOBNYCH UPRAWIANYCH W WARUNKACH POLOWYCH NA PODSTAWIE WYCIEKU ELEKTROLITU

EVALUATION OF FROST HARDINESS NEW CULTIVARS OF ORNAMENTALS SHRUBS GROWN IN THE FIELD BASED ON ELECTROLYTES LEAKAGE

Adam Marosz

Instytut Ogrodnictwa
ul Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
adam.marosz@inhort.pl

Abstract

Electrical conductivity (EC) of stem electrolyte leakage method was used for evaluation of frost hardiness of new cultivars of ornamental shrubs from the three popular in landscape taxa. Eight cultivars of *Forsythia*, *Potentilla* and *Weigela* were planted in the field at the beginning of 2010 in a sandy loam soil of pH 6.4. Stems for electrolyte leakage were collected in the beginning of every month during winter 2012/13. In general, the electrical conductivity (EC) of stem electrolyte leakage of *Forsythia* and *Weigela* was much higher than of *Potentilla* in all terms. Results within each species were more different and depended on cultivar. *Forsythia* 'Courtasol' had the lowest stem electrolytes leakage (mean $41.2 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$) compared to 'Goldrausch' ($81.3 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$), where damages of flower bud after winter were noted. Within *Weigela* the lowest stem electrolytes leakage was noted on 'Verweig' and 'Verweig 2' plants (36.9 and $37.9 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ respectively), the highest on 'Caricature' ($72.6 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$). The most winter hardy shrubs occur in *Forsythia* 'Courtasol', *Weigela* 'Verweig' and 'Verweig 2', *Potentilla* 'Goldfinger' and 'Yellow Bird'. Results of this experiment show that EC measurement of stem electrolytes leakage could be a very good, useful and quick method of winter hardiness estimation of new ornamental shrubs introduced to the culture.

Key words: electrolyte leakage, frost hardiness, *Forsythia*, *Potentilla*, *Weigela*, ornamental shrubs

WSTĘP

W polskich szkółkach ozdobnych są powszechnie rozmnażane i oferowane do sprzedaży odmiany forsycji, krzewuszek i pięciornika. Krzewy te są bardzo popularne w ogrodach i terenach zieleni miejskiej w wielu krajach (McNamara i Pellett 1993; Dirr 2009). W ostatnich latach nie było

w Polsce bardzo mroźnych zim, a jeśli były notowane spadki temperatury poniżej $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – trwały krótko. W szkółkach produkcyjnych powszechne jest przechowywanie krzewów w halach, chłodniach lub tunelach foliowych, dlatego odporność na mróz jest dla producenta drugorzędna (Górka 2014). Jednak wytrzymałość na niską temperaturę danej rośliny jest cechą zasadniczą, warunkującą powodzenie w uprawie oraz terenach zieleni w mieście. Zima 2012/2013 była nie tylko zróżnicowana pod względem temperatury, ale wyjątkowo długa i była jedną z najtrudniejszych w ostatnich latach.

W opinii wielu autorów mrozoodporność nie jest cechą konstytutywną roślin, ale indukowaną w odpowiedzi na niską temperaturę. Takie przystosowanie do przeżycia mrozu, określane jako hartowanie (zabieg doświadczalny) lub aklimatyzacja (zachodząca w warunkach naturalnych), jest nieodłącznym elementem testów przeprowadzanych dla oceny mrozoodporności (Zagdańska i Rybka 1984; Rybka 1992). Zdolność roślin uprawnych do przeżycia okresu ujemnej temperatury jest ważną cechą nie tylko gatunkową czy odmianową, ale właściwością zmienną w ontogenezie i uzależnioną od warunków środowiska (Starck i in. 1993). Porównanie metod oceny mrozoodporności wykazało, że różnice wynikają jedynie z warunków, w jakich zachodzi aklimatyzacja roślin (Rybka 1992; Brzóstowicz i Prokowski 2003). Stąd prosta ocena mrozoodporności nowych odmian na podstawie wycieku elektrolitu z uszkodzonych komórek może być dobrym i szybkim wskaźnikiem. Wartość temperatury t_{50} (temperatura, w której występuje 50% wyciek elektrolitu z przemrożonych pędów) informuje o stopniu wrażliwości błon komórkowych na niską temperaturę, im niższe wartości t_{50} , tym błony komórkowe są bardziej odporne na działanie niskiej temperatury. Obserwujemy wówczas mniejszy wyciek treści komórkowej i tym samym mniejsze przewodnictwo elektryczne roztworu (Brzóstowicz i Prokowski 2003).

Celem przeprowadzonych doświadczeń było sprawdzenie poziomu odporności na niską temperaturę za pomocą wycieku elektrolitu nowych odmian krzewów ozdobnych, należących do trzech rodzajów: Forsythia, Potentilla i Weigela.

MATERIAŁ I METODY

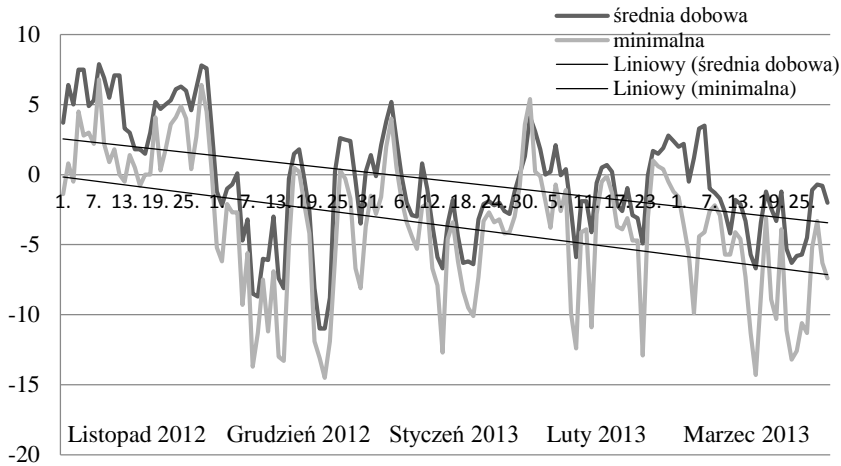
Doświadczenie założono na polu Instytutu Ogrodnictwa z najnowszych i szczególnie wartościowych, a mało jeszcze znanych, odmian popularnie stosowanych w terenach zieleni trzech rodzajów: Forsythia – ‘Co-

urtacour', 'Courtalyn', 'Courtasol', 'Golden Times', 'Goldrausch', 'Liliane', 'Mindor'; Potentilla – 'Lovely Pink', 'McKay's White', 'Rosiflor', 'Snowbird', 'Summer Sorbet', 'Uman', 'Yellow Bird'; Weigela – 'Bokrashine', 'Caricature', 'Courtacad', 'Newzako', 'Verweig', 'Verweig 2', 'Verweig 3'. Jako odmiany referencyjne zastosowano znane od kilkadziesiąt lat w uprawie formy: *Forsythia* × *intermedia* 'Spectabilis', *Potentilla fruticosa* 'Goldfinger' i *Weigela florida* 'Bristol Ruby'. Rośliny posadzono w 2010 roku w 4 blokach po 5 szt. danej odmiany w glebę gliniasto-piaszczystą. Corocznie wiosną stosowano jednorazowe nawożenie nawozem wieloskładnikowym YaraMila™ Complex. Rośliny odchwaszczano ręcznie.

Badania wycieku elektrolitu przeprowadzano na początku każdego miesiąca od listopada do kwietnia. Pędy pobierane były rano z każdej rośliny na poletku. W laboratorium przygotowywano 10-centymetrowe odcinki pędów i wykładano je w kuwetach na wilgotnym papierowym ręczniku. Kuwety umieszczano w foliowych torbach i pozostawiano na okres 24 godzin w temperaturze około 20 °C. Po tym czasie odcinano 1-centymetrowe fragmenty pędów i umieszczano w uniwersalnych probówkach, zalewając je 5 ml destylowanej wody. Następnie próbki były umieszczane w wytrząsarkach. Uszkodzoną tkankę przetrzymywano w próbówce z wodą destylowaną przez 24 godziny w temp. 20 °C w celu wypłukania z niej elektrolitów. Ocena uszkodzeń mrozowych wywołanych niską temperaturą przeprowadzono metodą konduktometryczną (konduktometr Eijkelkamp, Holandia), określając ilość elektrolitów wewnątrzkomórkowych uwolnionych z tkanki na skutek uszkodzenia mrozowego komórek. Wyniki wycieku elektrolitów porównano z obserwacjami uszkodzeń mrozowych przeprowadzonych wiosną 2013 roku w ocenie polowej.

Uzyskane wyniki dla wycieku elektrolitów komórkowych opracowano statystycznie w programie Statistica v. 7.1. Istotność różnic między średnimi zbadano testem Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05\%$.

Temperaturę powietrza rejestrowano za pomocą stacji meteorologicznej Metos Data System ustawionej około 500 m od lokalizacji doświadczenia. Zima 2012/2013 miała nietypowy przebieg. Wprawdzie minimalne spadki temperatur nie przekroczyły -15 °C , ale okres zimowy był niezwykle długi i trwał do końca pierwszej dekady kwietnia (rys. 1).



Rys. 1. Średnia dobowa i temperatura minimalna podczas zimy 2012/2013
 Fig. 1. Mean daily and the lowest daily temperature noted during the winter 2012/2013

WYNIKI I DYSKUSJA

Krzewy odmian należących do rodzaju forsycja i krzewuszką charakteryzowały się większym wyciekami elektrolitów niż krzewy pięciornika we wszystkich terminach pomiarów EC podczas zimy 2012/2013 (tab. 1-3). Najmniejszy wyciek elektrolitów z uszkodzonych pędów forsycji zaobserwowano u odmiany ‘Golden Times’ i referencyjnej ‘Spectabilis’, co jest potwierdzeniem licznych doniesień w literaturze, iż jest to odmiana odporna na mróz (Krüssmann 1978; Seneta 1996; Dirr 2009). Wartości EC w przypadku tych odmian stopniowo malały od grudnia do marca, a ponowny wzrost nastąpił w kwietniu, kiedy krzewy były już rozhartowane i dochodziło najczęściej do uszkodzeń pąków kwiatowych. Największy wyciek elektrolitów z pędów pobieranych w poszczególnych miesiącach uzyskano przy odmianie ‘Golddrausch’. Pomiar EC po 24 godzinach był najwyższy w grudniu ($94,9 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$) i kwietniu ($91,3 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$), co było przyczyną słabego kwitnienia. Odmiana ta wiosną 2013 roku kwitła najslabiej, ponieważ wiele pąków kwiatowych przemarzło. Ponadto dość duży wyciek elektrolitów charakteryzował odmiany ‘Mindor’ i ‘Liliane’, których średnie wartości EC wyniosły $64,3 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ oraz $62,2 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ (tab. 1). Pąki kwiatowe u tych odmian nie przemarzły. Takie niewielkie uszkodzenia mrozowe tkanek rośliny mogą w pełni regenerować, co potwierdzają badania grabu i topoli (Percival i in. 1999) oraz różnych odmian śliw (Gon-

kiewicz 2007). Stopień uszkodzenia pędów u większości odmian śliw badanych przez tego autora zawierał się w przedziale 1-2. Były to głównie lekkie przebarwienia tkanek, które drzewa w krótkim czasie zregenerowały. Objawy uszkodzeń mrozowych na tegorocznych pędach forsycji były bardzo małe, pomimo tego, że po kilkudniowym ociepleniu pod koniec lutego temperatura w marcu spadła poniżej $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (rys. 1). Tkanki pędów forsycji wykazują stosunkowo dużą wytrzymałość na niskie temperatury. Pąki kwiatowe są znacznie mniej odporne niż pędy. Jak podają Andrews i Proebsting (1987) oraz Flinn i Ashworth (1995), temperatura poniżej $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ może być już temperaturą krytyczną dla niektórych pąków kwiatowych drzew i krzewów, w tym forsycji. Badania laboratoryjne wskazują jednak, że temperatura ta jest nieco niższa i może sięgać $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Pedryc i in. 1999; Flinn i Ashworth 1995; Kadir i Proebsting 1994). Szczególnie słabe kwitnienie w doświadczeniu zaobserwowano u odmian ‘Goldrausch’ i ‘Golden Times’.

Tabela 1. Pomiar EC elektrolitów komórkowych z pędów odmian forsycji (*Forsythia* sp.) uprawianej w polu

Table 1. EC measurement of stem electrolyte leakage of *Forsythia* sp. cultivars grown in the field

Odmiana Cultivar	EC po 24 h ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$); EC after 24 h ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$)						Średnia Mean
	Listopad November	Gru- dzień December	Styczeń January	Luty Febru- ary	Marzec March	Kwie- cień April	
‘Courtacour’	80,9 c	64,4 ab	55,3 ab	71,1 b	51,3 bc	58,9 b	53,8 ab
‘Courtalyn’	61,4 b	62,7 ab	58,6 ab	78,5 b	30,8 a	48,5 a	56,7 ab
‘Courtasol’	56,7 ab	47,5 a	50,5 a	52,2 a	40,6 ab	53,1 ab	50,1 a
‘Golden Times’	47,9 a	59,3 ab	45,4 a	43,3 a	41,7 ab	52, ab	48,3 a
‘Goldrausch’	79,9 c	94,9 cd	76,5 c	80,7 b	64,2 d	91,3 c	81,3 c
‘Liliane’	47,8 a	79,8 bc	67,3 b	68,6 b	59,1 c	63,1 b	64,3 b
‘Mindor’	62,5 b	48,4 a	62,3 b	67,6 b	65,0 d	67,5 bc	62,2 b
‘Spectabilis’	52,2 ab	46,7 a	46,6 a	49,7 a	54,0 bc	60,2 b	51,6 a

Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie poszczególnych miesięcy nie różnią się istotnie wg testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$

Means with the same letter within month do not differ significantly according to the Tukey’s test at $p = 0.05$

W przypadku krzewuszki niewielki wyciek elektrolitów komórkowych zanotowano u odmian ‘Courtacad’, ‘Verweig’, ‘Verweig 2’ i ‘Verweig 3’. Pomiar EC roztworu w poszczególnych miesiącach i średni pomiar wartości EC dla wymienionych odmian mieścił się w przedziale od $36,9 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ dla ‘Verweig’ do $46,5 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ dla ‘Verweig 3’ (tab. 2). Natomiast największym wyciekami elektrolitów z uszkodzonych tkanek charakteryzowała się odmiana ‘Caricature’. Średni pomiar EC wyniósł $72,6 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$, a największą jego wartość zanotowano w kwietniu ($90,1 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$). Wyniki te potwierdzają obserwacje wiosennego rozwoju pędów w polu. Kilka krzewów odmiany ‘Caricature’ wypadło w ciągu uprawy od 2010 roku, głównie w wyniku uszkodzeń mrozowych po zimach 2011/2012 i 2012/2013. Krzewy w 2013 roku nie kwitły. Nieco mniejsze wartości pomiaru EC roztworu elektrolitów charakteryzowała standardową odmianę ‘Bristol Ruby’, w doświadczeniu była to odmiana referencyjna. Uznawana jest za jedną z odporniejszych na mroz odmian krzewuszek (Dirr 2009). W pierwszych miesiącach okresu spoczynku zimowego wartości EC roztworu elektrolitów komórkowych tej odmiany były najwyższe w stosunku do innych odmian (tab. 2).

Tabela 2. Pomiar EC elektrolitów komórkowych z pędów odmian krzewuszki (*Weigela* sp.) uprawianej w polu
Table 2. EC measurement of stem electrolyte leakage of *Weigela* sp. cultivars grown in the field

Odmiana Cultivar	EC po 24 h ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$); EC after 24 h ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$)						Średnia Mean
	Listopad Novem- ber	Grudzień Decem- ber	Styczeń January	Luty February	Marzec March	Kwie- cień April	
‘Bokras- hine’	44,9 abc	50,2 bc	37,8 ab	73,3 c	50,6 a	69,5 b	54,4 bc
‘Bristol Ruby’	72,8 d	72,9 de	65,7 c	71,2 c	49,4 a	64,3 b	66,0 b
‘Caricature’	49,0 c	78,3 e	62,8 c	66,4 bc	88,9 b	90,1 c	72,6 c
‘Courtacad’	49,4 c	42,6 ab	37,5 ab	31,4 a	35,2 a	53,5 a	41,5 ab
‘Newzako’	47,7 bc	60,9 cd	55,7 bc	43,1 ab	34,4 a	57,2 ab	49,8 ab
‘Verweig’	31,5 ab	35,9 ab	38,0 ab	35,4 a	32,3 a	48,6 a	36,9 a
‘Verweig 2’	29,5 a	29,8 a	29,2 a	55,4 b	39,3 a	44,6 a	37,9 a
‘Verweig 3’	39,4 abc	34,8 ab	62,6 c	32,8 a	48,5 a	60,8 b	46,5 ab

Objaśnienia: patrz tabela 1; Explanation see Table 1

Tabela 3. Pomiar EC elektrolitów komórkowych z pędów odmian pięciornika krzewiastego (*Potentilla fruticosa*) uprawianego w polu
 Table 3. EC measurement of stem electrolyte leakage of *Potentilla fruticosa* cultivars grown in the field

Odmiana Cultivar	EC po 24 h (S·m ⁻¹); EC after 24 h (S·m ⁻¹)						
	Listopad Novem- ber	Grudzień Decem- ber	Styczeń January	Luty February	Marzec March	Kwie- cień April	Średnia Mean
'Goldfinger'	14,5 a	12,4 a	13,5 a	14,3 a	15,2 a	18,3 a	14,7 a
'Lovely Pink'	19,5 c	18,2 c	16,8 bc	17,2 c	20,6 c	23,6 b	19,4 c
'McKay's White'	16,2 ab	15,8 b	15,2 ab	15,5 bc	17,3 b	18,4 a	16,4 b
'Rosiflor'	18,5 bc	16,3 b	16,0 b	16,8 c	19,5 bc	24,1 c	18,8 bc
'Snowbird'	16,4 ab	12,8 a	13,7 a	14,8 ab	17,2 b	19,6 a	15,7 ab
'Summer Sorbet'	17,4 ab	19,0 c	18,4 c	17,1 c	18,8 bc	21,3 ab	18,6 bc
'Uman'	19,0 c	14,1 ab	14,8 a	15,5 bc	18,5 bc	19,1 a	16,7 b
'Yellow Bird'	15,3 a	11,5 a	13,2 a	15,4 bc	16,3 ab	19,7 a	15,2 a

Objaśnienia: patrz tabela 1; Explanation see Table 1

Pomiary EC roztworu elektrolitów wewnątrzkomórkowych pięciornika krzewiastego były 2-3-krotnie niższe w porównaniu do krzewuszki i forsycji. Najmniejsze były także różnice w wycieku elektrolitów pomiędzy poszczególnymi odmianami tego gatunku (tab. 3). Odmiana porównawcza 'Goldfinger' okazała się najbardziej mrozoodporną, ponieważ średni pomiar EC i pomiary w poszczególnych miesiącach były najniższe w stosunku do pozostałych odmian pięciornika. Duża mrozoodporność tej odmiany jest powszechnie znana z literatury dendrologicznej, ale dotąd nie była potwierdzona badaniami (Dirr 2009; Krüssmann 1978). Wysoką mrozoodpornością charakteryzowały się odmiany 'Snowbird' i 'Yellow Bird', natomiast najmniej mrozoodporna okazała się odmiana o różowych kwiatach 'Lovely Pink', której pędy zostały najmocniej uszkodzone, w związku z tym wynik pomiaru EC roztworu elektrolitów był najwyższy, średnio 19,4 S·m⁻¹ (tab. 3). Obserwacje morfologiczne rozwoju roślin po zimie nie wykazały, w przypadku odmian pięciornika, żadnych objawów uszkodzeń, dlatego uszkodzenie tkanek w przypadku odmian 'Lovely Pink',

‘Rosiflor’ i ‘Summer Sorbet’ było niewielkie i przejściowe, a rośliny zregenerowały te uszkodzenia. Na krzewach nie obserwowano martwych i przemarzniętych pędów, pąki liściowe rozwijały się równomiernie. Kwitnienie było obfite u wszystkich odmian. Taką regenerację niewielkiego uszkodzenia mrozowego tkanek dla roślin drzewiastych potwierdzają badania wielu autorów (Szabó i Nyéki 1994; Percival i in. 1999; Gonkiewicz 2007).

WNIOSKI

1. Forsycja ‘Golddrausch’ charakteryzowała się największym wyciekami elektrolitów komórkowych i była najmniej odporna na mróz, co potwierdziły obserwacje kwitnienia.
2. Odmiany krzewuszki: ‘Courtacad’, ‘Newzako’, ‘Verweig’, ‘Verweig 2’, i ‘Verweig 3’ charakteryzowały się małym wyciekami elektrolitów w całym okresie spoczynku zimowego, co oznacza dostateczną odporność na mróz i mogą być szeroko polecane do uprawy w centralnej Polsce, tak jak odmiana referencyjna ‘Bristol Ruby’.
3. Odmiany pięciornika krzewiastego: ‘McKay’s White’, ‘Snowbird’, ‘Uman’ i ‘Yellow Bird’ charakteryzowały się małym wyciekami elektrolitów wewnątrzkomórkowych i ich mrozoodporność jest porównywalna z odmianą referencyjną ‘Goldfinger’.
4. Pomiar EC roztworu elektrolitów wewnątrzkomórkowych jest przydatną, tanią i prostą metodą wstępnej oceny mrozoodporności i określenia przydatności do uprawy w danej strefie klimatycznej odmian krzewów ozdobnych.

Literatura

- Andrews P.K., Proebsting E.L. 1987. Effect on temperature on deep supercooling characteristics of dormant and reacclimating sweet cherry flower buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 112: 334-340.
- Brzóstowicz A., Prokowski Z. 2003. Konduktometryczna metoda oceny mrozoodporności roślin. *Acta Agrophysica* 93: 11-15.
- Dirr M.A. 2009. *Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses*. Stipes Publishing L.L.C. Champaign, Illinois, pp. 1323.
- Flinn C.L., Ashworth E.N. 1995. The relationship between carbohydrates and flower bud hardiness among three *Forsythia* taxa. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120(4): 607-613.

- Gonkiewicz A. 2007. Ocena mrozoodporności pędów i pąków kwiatowych 12 odmian śliw po zimie 2005/06. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa* 15: 29-34.
- Górka W. 2014. Zimowe zabezpieczanie roślin w praktyce. *Szkółkarstwo* 4: 138-145.
- Kadir S.A., Proebsting E.L. 1994: Various freezing strategies of flower-bud hardiness in *Prunus*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(3): 584-588.
- Krüssmann G. 1978. *Handbuch der Laubgehölze*, Berlin – Hamburg, pp. 465.
- McNamara S., Pellett H. 1993. Flower bud hardiness of forsythia cultivars. *Journal of Environmental Horticulture* 11: 35-38.
- Pedryc A., Korbuly J., Szabó Z. 1999. Artificial frost treatment methods of stone fruits. *Acta Horticulturae* 488: 377-380.
- Percival G.C., Boyle C., Baird L. 1999. The influence of calcium supplementation on the freezing tolerance of woody plants. *Journal of Arboriculture* 25(6): 285-291.
- Rybka Z. 1992. Fizjologiczno-biochemiczne kryteria oceny mrozoodporności roślin uprawnych. *Biuletyn IHAR* 183: 31-36.
- Seneta W. 1996. *Drzewa i krzewy liściaste*. t. D-H. PWN Warszawa, ss. 341.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B. 1993. *Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Szabó Z., Nyéki J. 1994. Frost injury to European and Japanese plum flower buds in Hungary. *Horticultural Science* 26(1): 11-15.
- Zagdańska B., Rybka Z. 1984. Laboratoryjna ocena mrozoodporności jęczmienia ozimego metodą przemrażania siewek. *Biuletyn IHAR* 155: 51-55.