

## Elektrofizjologiczna charakterystyka krzewów podszytowych w lasostepie zachodniej Ukrainy

Electrophysiological characteristics of undergrowth shrubs in the forest-steppe zone of western Ukraine

**Taras V. Bondarenko**

Ukrainian National Forestry University, 79057 Lviv, 103 Gen. Chuprynka str.,

Tel.: +38 0322352269; e-mail: bondarenko.lw@gmail.com

**Abstract.** The article reviews the electrophysiological characteristics of pre-cambial phloem material in undergrowth shrubs. The electrophysiological properties of hazel (*Corylus avellana* L.), elder (*Sambucus nigra* L.) and other undergrowth shrubs are compared, as well as how these characteristics change depending on stand density indices. Differences in electrophysiological characteristics reveal the crucial role of light for the growth, development and persistence of undergrowth shrubs. I suggest that a quantitative assessment of electrophysiological characteristics should be undertaken when managing forest stands for the creation of desirable undergrowth.

**Key words:** electrophysiological characteristics, dielectric parameters, understory, impedance, polarization capacity, shrubs, stand density.

### 1. Wstęp

Podszyt jest ważnym elementem ekosystemów leśnych (Morozov 1926; Ivanitsky 1939; Vysockyj 1983; Gil 2010). Biologiczne właściwości krzewów podszytowych zbadano już dość dokładnie. Ich właściwości elektrofizjologiczne – potencjał bioelektryczny (impedancja i pojemność polaryzacyjna), do tej pory pozostawały poza uwagą badaczy. W badaniach środowiskowych takie charakterystyki są jednak powszechnie stosowane w przypadku drzew (Krynic'kyj 1992; Mac Dougall 1988; Zaika 2004; Lavnyj, Krynic'kyj 2011) jako integralne wskaźniki odzwierciedlające intensywność i specyfikę dziennego, sezonowego i ontogenetycznego przebiegu procesów fizjologicznych i biochemicznych, a także charakteryzujące ogólną kondycję roślin.

Przykambialny zespół tkanek drzew i krzewów składa się z kambium, łyka i drewna bielastego. Tkanki te charakteryzują się wysoką aktywnością fizjologiczną, są wrażliwe na zmiany kondycji roślin i łatwo dostępne dla czujników aparatu pomiarowego. Ich właściwości elektryczne znacząco różnią się od właściwości innych

tkanek. Wyniki badań Krynic'kyj'ego (1992), Mac Dougalla (1988), Zaika'ego (2004) oraz Lavnyja i Krynic'kyj'ego (2011) wskazują, że impedancja i pojemność polaryzacyjna mają umiarkowaną lub ścisłą korelację z intensywnością wzrostu drzew w różnych stadiach rozwojowych drzewostanu, wzrostem fitomasy, położeniem roślin w drzewostanach czy stopniem uszkodzenia drzew przez owady. Impedancja tkanek przykambialnych drzew z warstwy dominującej jest mniejsza niż drzew pozostałych warstw. Równie wyraźny jest związek pomiędzy pojemnością polaryzacyjną i przyrostem oraz biomasa aparatu asymilacyjnego.

Elektrofizjologiczne charakterystyki podszytu dotychczas nie były badane, ani w lasostepie zachodniej Ukrainy, ani też w pozostałej części tej strefy przyrodniczej.

Celem prezentowanych badań było porównanie charakterystyk elektro-fizjologicznych – impedancji i pojemności polaryzacyjnej, tkanek krzewów w podszytce łąk w lasostepie zachodniej Ukrainy.

## 2. Obiekt badań

Badania przeprowadzono w regionie Tarnopola – w rezerwacie „Medobory” (leśnictwo Wiknianskie) oraz w nadleśnictwie Tarnopolskim (leśnictwo Mykulyneckie).

W rezerwacie „Medobory”, w którym występował podszyt leszczynowy, skład gatunkowy drzewostanu był następujący: 10Db oraz gatunki domieszkowe: grab, lipa i dąb czerwony. Zadrzewienie drzewostanu wynosiło 0,7, wiek 60 lat.

Badania podszytu bzu czarnego wykonano w leśnictwie Wiknianskie, oddz. 18, góra Gostra, w średnio-wiekowym grądzie 3Db7Gb.

Badania elektrofizjologicznych charakterystyk gatunków krzewów przeprowadzono w dwóch obiektach w leśnictwie Wiknianskie: 1) w młodniku pierwszej klasy wieku, w którym wykonano czyszczenia wczesne, oraz 2) w dojrzałym drzewostanie liściastym.

W młodniku, bez okapu drzewostanu, występowało 12 gatunków krzewów: leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.), trzmielina zwyczajna (*Euonymus europaea* L.) i trzmielina brodawkowata (*Euonymus verrucosus* Scorp.), bez czarny (*Sambucus nigra* L.), dereń świdwa (*Cornus sanguinea* L.), kruszyna pospolita (*Frangula alnus* Mill.), szakłak pospolity (*Rhamnus cathartica* L.),

śliwa tarnina (*Prunus spinosa* L.), róża dzika (*Rosa canina* L.), kalina koralowa (*Viburnum opulus* L.), ta-wuła (*Spiraea* L.), głóg jednoszyjkowy (*Crataegus monogyna* Jacq.).

Drzewostan liściasty, w którym pod okapem występowało sześć gatunków krzewów: leszczyna pospolita, trzmielina zwyczajna i trzmielina brodawkowata, bez czarny, dereń świdwa i kruszyna, miał charakter grądu na siedlisku lasu świeżego, o lokalnie zmiennym składzie gatunkowym: dąb szypułkowy – 20–30%, jesion wyniosły – 10–20%, klon zwyczajny 10–20%, grab 30–60%. Był w klasie wiekowej “dojrzewający – dojrzwały”. Zadrzewienie drzewostanu wynosiło 0,7–0,8.

## 3. Metodyka

Dielektryczne parametry przykambialnych tkanek roślin: impedancję i pojemność polaryzacyjną, zmierzono za pomocą aparatu mierniczego RLC-F4320. Pomiar przeprowadzono przy częstotliwości 1 kHz. Elektrody były wprowadzone do łyka roślin na wysokości 0,20 m od poziomu gruntu. Odległość między elektrodami wynosiła 2 cm (Krynyc'kyj 1992).

**Tabela 1. Dielektryczne parametry krzewów podszytowych w drzewostanach o różnym zadrzewieniu**

Table 1. Dielectric parameters of undergrowth shrubs in stands with different stand density index

Zadrzewienie Stand density index	Impedancja Impedance				Pojemność polaryzacyjna Polarization capacity			
	$M\pm m$ , k $\Omega$ m	%	$t_f$	$V$ , %	$M\pm m$ , nF	%	$t_f$	$V$ , %
<b>Leszczyna pospolita, leśnictwo Mykulyneckie kw. 20, wyd. 4, 9.07.2010</b>								
Hazel, Mykulyneckie forest, compartement 20,4 (9.07.2010)								
0 (skraj lasu - kontrola / stand edge - control)	22,9 $\pm$ 1,7	100,0	0,00	48,2	1,49 $\pm$ 0,12	100,0	0,00	51,6
0,4	20,6 $\pm$ 1,3	90,0	1,07	39,2	2,08 $\pm$ 0,13	139,6	3,33	37,9
0,8	41,2 $\pm$ 4,6	179,9	3,73	45,7	1,16 $\pm$ 0,18	77,9	1,53	64,2
<b>Bez czarny, leśnictwo Wiknianskie kw. 29, wyd. 9, 8.07.2010</b>								
Elder, Wiknianskie forest, compartement 29,9 (8.07.2010)								
0 (skraj lasu - kontrola / stand edge - control)	5,6 $\pm$ 0,2	100,0	0,00	11,1	3,59 $\pm$ 0,13	100,0	0,00	13,0
0,5	11,6 $\pm$ 0,9	207,1	6,51	40,2	2,39 $\pm$ 0,28	42,7	9,33	59,9
0,6	11,1 $\pm$ 0,6	198,2	8,70	27,9	1,87 $\pm$ 0,12	66,6	3,89	32,0
0,7	13,8 $\pm$ 1,0	246,4	8,04	28,8	1,65 $\pm$ 0,10	46,0	11,83	25,2
0,8	16,3 $\pm$ 1,6	291,1	6,64	31,5	1,50 $\pm$ 0,11	41,8	12,27	22,7
0,9	17,8 $\pm$ 0,7	317,9	16,76	19,8	1,44 $\pm$ 0,05	40,1	15,44	15,3

$M$  – wartość średnia / mean value

$m$  – błąd średniej / mean value error

$t_f$  – faktyczna wartość kryterium Studenta / TF value

$V$  – współczynnik zmienności / Coefficient of variation

Przedział ufności - 2,00-220, przy  $\alpha=0,05$  / Confidence interval at  $\alpha=0,05$  is 2,00-220

W przypadku najbardziej rozpowszechnionych w regionie gatunków: leszczyny pospolitej (*Corylus avellana* L.) oraz bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.), określono również ich witalność w zależności od zadrzewienia. Średnia liczba powtórzeń wynosiła 20.

Impedancję i pojemność polaryzacyjną poddano analizie statystycznej testem Studenta.

#### 4. Wyniki badań i dyskusja

Wyniki badań parametrów dielektrycznych leszczyny pospolitej i bzu czarnego w zależności od zadrzewienia drzewostanu podane są w tabeli 1.

Wyniki pomiarów wskazują, że parametry dielektryczne leszczyny i bzu czarnego znacząco zmieniają się w zależności od zadrzewienia. W przypadku leszczyny parametry impedancji wahają się w granicach

22,9–41,2 kΩm, a pojemności polaryzacyjnej – 1,16–2,08 nF. Obserwowano istotnie mniejszą impedancję (o 10%) i znacznie większą pojemność polaryzacyjną (o 39,6%) w drzewostanach o zadrzewieniu 0,4 niż w warunkach kontrolnych (skraj lasu). Wraz ze wzrostem zadrzewienia obserwowano pogorszenie warunków wzrostu i żywotności leszczyny. Przy zadrzewieniu 0,8 wskaźnik impedancji leszczyny wzrósł do 79,9%, a wskaźnik pojemności polaryzacyjnej zmniejszył się do 22,1%. Najlepsze warunki wzrostu i rozwoju leszczyny pospolitej są przy niewielkim zadrzewieniu. Współczynnik zmienności impedancji był najmniejszy przy zadrzewieniu 0,4 (39,2%), natomiast większy zarówno na skraju lasu (48,2%), jak i przy zadrzewieniu 0,8 (45,7%). Współczynnik zmienności pojemności polaryzacyjnej zmieniał się odpowiednio od 37,9% do 64,2%.

**Tabela 2. Parametry dielektryczne krzewów pod okapem drzewostanu o zadrzewieniu 0,7–0,8 (w mianowniku) i na otwartej przestrzeni (w liczniku); w leśnictwie Wilkniańskim, oddz. 18, góra Gostra, 27.06.11)**

Table 2. Dielectric parameters of undergrowth shrubs in forest with stand density index 0,7–0,8 (in denominator) and in the open space (in numerator), in forest district Wilkniańskie, compartment 18, Gostra Mountain; 27.06.2011)

Gatunek Species	Impedancja Impedance				Pojemność polaryzacyjna Polarization capacity			
	M±m, kΩm	%	t <sub>f</sub>	V, %	M±m, nF	%	t <sub>f</sub>	V, %
Leszczyna <i>Corylus avellana</i> L.	34,4±1,0 48,0±6,6	100,0 139,5	0,00 2,04	14,9 36,5	1,05±0,06 0,56±0,08	100,0 53,3	0,00 4,90	27,0 38,2
Trzmielina zwyczajna <i>Euonymus europaea</i> L.	8,5±0,4 35,6±4,0	100,0 418,8	0,00 6,74	24,4 33,8	3,14±0,24 1,26±0,16	100,0 40,1	0,00 6,52	38,9 38,8
Trzmielina brodawkowata <i>Euonymus verrucosus</i> Scop.	23,4±1,5 36,5±2,6	100,0 156,0	0,00 4,36	31,0 35,9	1,55±0,12 0,69±0,06	100,0 44,5	0,00 6,41	38,8 41,9
Bez czarny <i>Sambucus nigra</i> L.	9,6±1,1 31,5±4,6	100,0 328,1	0,00 4,63	19,3 25,5	2,55±0,26 1,25±0,09	100,0 49,0	0,00 4,72	17,4 12,0
Dereń świdwa <i>Cornus sanguinea</i> L.	13,4±1,1 26,5±1,4	100,0 197,8	0,00 7,36	42,5 22,2	2,51±0,13 0,67±0,05	100,0 26,7	0,00 13,21	25,5 28,2
Kruszyna pospolita <i>Frangula alnus</i> Mill.	19,1±2,4 28,8±2,9	100,0 150,8	0,00 2,58	28,0 20,1	1,36±0,25 0,95±0,27	100,0 69,9	0,00 1,11	41,4 56,8
Szakłak pospolity <i>Rhamnus cathartica</i> L.	11,1±1,9 –	–	–	42,7 –	3,37±0,65 –	–	–	47,2 –
Śliwa tarnina <i>Prunus spinosa</i> L.	17,1±0,9 –	–	–	23,6 –	2,46±0,16 –	–	–	29,1 –
Róża dzika <i>Rosa canina</i> L.	19,4±1,4 –	–	–	34,8 –	1,69±0,12 –	–	–	34,6 –
Kalina koralowa <i>Viburnum opulus</i> L.	12,7±1,4 –	–	–	24,3 –	2,50±0,28 –	–	–	25,5 –
Głóg jednoszyjkowy <i>Crataegus monogyna</i> Jack.	22,6±2,0 –	–	–	36,1 –	1,20±0,14 –	–	–	45,6 –
Tawuła <i>Spirea</i> sp.	51,1±1,7 –	–	–	16,4 –	0,54±0,03 –	–	–	25,0 –

Symbole jak w tabeli 1 / For symbols see Table 1

Przedział ufności - 2,00-2,18, przy  $\alpha=0,05$  / Confidence interval at  $\alpha=0,05$  is 2,00-2,18

Dielektryczne parametry bzu czarnego badano na skraju lasu (kontrola) i przy zadrzewieniu 0,5–0,9 (tab. 1). Stwierdzono wzrost impedancji i zmniejszenie pojemności polaryzacyjnej tkanek bzu wraz ze wzrostem zadrzewienia drzewostanu. I tak, impedancja bzu czarnego na skraju lasu wynosiła 5,6 k $\Omega$ m, a pod okapem drzewostanu o różnym zadrzewieniu była 2,0–3,2 razy większa. Wskaźniki pojemności polaryzacyjnej bzu pod okapem drzewostanu były znacznie mniejsze – o 33,4–59,9%, niż w kontroli.

Najkorzystniejsze warunki dla wzrostu i rozwoju bzu czarnego są na skraju lasu. Pod okapem drzewostanu kondycja bzu pogarsza się wraz ze wzrostem zadrzewienia.

Współczynniki zmienności parametrów dielektrycznych bzu czarnego w warunkach kontrolnych i w badanych wariantach wahają się w zakresie 11,1–59,9%. Najmniejsze były w kontroli i w drzewostanie o zadrzewieniu 0,9.

W celu określenia wpływu czynników fitocenotycznych na funkcjonowanie gatunków podszytowych oraz ich żywotność przeprowadzono badania parametrów dielektrycznych na otwartym terenie i pod okapem drzewostanu o zadrzewieniu 0,7–0,8. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki badań wskazują, że parametry impedancji krzewów na otwartej przestrzeni i pod okapem lasu różnią się statystycznie istotnie (tab. 2). Najniższe wartości impedancji i wysokie pojemności polaryzacyjnej stwierdzono w przypadku wszystkich gatunków krzewów na otwartej przestrzeni. Wskaźniki impedancji leszczyny rosnącej pod okapem lasu były wyższe o 39,5%, trzmieliny brodawkowatej – o 56%, kruszyny – o 50,8%, trzmieliny zwyczajnej – 4 razy, bzu czarnego – ponad 3 razy, a derenia świdwy – niemal dwukrotnie. Wskaźniki pojemności polaryzacyjnej leszczyny rosnącej pod okapem lasu były mniejsze o 26,7–69,9% niż w warunkach kontrolnych (otwarta przestrzeń). Uzyskane wyniki wskazują na mniejszą intensywność procesów metabolicznych krzewów pod okapem drzewostanu o zadrzewieniu 0,7–0, niż na otwartej przestrzeni.

Badania wykazały, że impedancja krzewów na otwartej przestrzeni waha się od 11,1 do 51,1 k $\Omega$ m, a pojemność polaryzacyjna w granicach 0,54–3,37% (tab. 2). Zmienność parametrów dielektrycznych krzewów na otwartej przestrzeni mieściła się w granicach 14,9–47,2 %.

## 5. Wnioski

Na otwartej przestrzeni widoczne są różnice rozwoju krzewów uwarunkowane genetycznie, wpływające na elektrofizjologiczne charakterystyki przedstawione w pracy. Niską impedancją i wysoką pojemnością polaryzacyjną charakteryzują się: trzmielina zwyczajna, bez czarny i szakłak pospolity. Wysoką impedancją i niską pojemnością polaryzacyjną stwierdzono w przypadku tawuły i leszczyny.

Wysoką zmiennością parametrów impedancji i pojemności polaryzacyjnej cechują się szakłak pospolity, dereń świdwa, głóg jednoszyjkowy, a niską – tawuła i leszczyna.

Obserwowane różnice wartości wskaźników elektrofizjologicznych świadczą, przede wszystkim, o zasadniczej roli światła we wzroście, rozwoju i żywotności krzewów podszytowych oraz o możliwości ilościowej oceny roli tego czynnika w tworzeniu piętra krzewów i pielęgnowaniu drzewostanów.

## Literatura

- Gil W. 2010. Krzewy w gospodarce leśnej / krzewy polskich lasów. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. ISBN 9788309990260.
- Ivanyckij R., Zaika V., Krynyckij G. 2009. Do pyttannya pryrodnoho lisovidnovlennia i formuvannia nasadžen na pokynutyh staroornyh zemlah Pivniczno-Zahidnoho Podillia. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy*, 19.15: 285-291.
- Ivanyckij B. 1939. Lisy i lisove gospodarstvo na Ukraini. Praci ukrains'kogo naukowego instytutu, t.1. Varshava.
- Krynyckij G. 1992. Pro metodyku vykorystannia elektrofiziologicznych pokaznykiv dla vyznaccennia žyttezdattnosti derevnyh roslyn. *Lisove gospodarstvo, lisova, paperova i derevoobrobna promyslovist*, 23: 3-10.
- Lavnyj V., Krynyckij G. 2011. Elektrofiziologiczni pokaznyky pidrostu derevnyh porid. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy*, 21.17: 86-90.
- Morozov G. 1926. Uczenie o lese. Leningrad, Gosudarstvennoe izd-vo.
- Mac Dougall R., Maclen D., Thomson R. 1988. The use of electrical capacitance to determine growth and vigor of spruce and fir trees and stands in New Brunswick. *Canadian Journal of Forest Research*, 5: 587-594.
- Vysockij G. 1983. Zaščitnoe lesorazvedenie. Kiev, Naukova dumka.