

PAWEŁ ZARZYŃSKI

Zasięg oddziaływania iniekcji hydrostatycznych w drewnie dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.)

The range of effect of hydrostatic injections in sessile oak (*Quercus robur* L.) wood

ABSTRACT

Hydrostatic injections are the method of applying chemicals directly into the wood of living trees. Laboratory tests proved their usefulness. However, still an open question remained the range of penetration of the liquid fed into the tree this way. To answer this question, a series of experiments were performed, using water with an addition of methylene blue – a dye leaving durable effects in the wood – as the working liquid. This paper depicts the results of this experiment.

KEY WORDS

hydrostatic injections, sessile oak wood, effect range

Wstęp

Iniekcje hydrostatyczne, obok podlewania i opryskiwania, są jedną z metod aplikacji środków chemicznych do organizmów żywych drzew. Polegają one na dostarczeniu cieczy roboczej bezpośrednio do drewna, co pozwala znacznie ograniczyć jej ilość oraz zminimalizować straty. Na szerszą skalę metodę tę rozpoczęto stosować w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia w USA, podczas epifitozy holenderskiej choroby wiązów [Mc Wain, Gregory 1971].

W latach 2002-2004 w Zakładzie Mikologii i Fitopatologii Leśnej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego badano przydatność stosowania iniekcji hydrostatycznych do ochrony drewna rosnących drzew przed rozkładem powodowanym przez grzyby. W trakcie tych badań udowodniono, że dostarczona tą drogą ciecz robocza przenika do drewna i przemieszcza się w nim zarówno w przypadku drzew młodych [Zarzyński 2003], jak i wiekowych, pomnikowych okazów [Zarzyński 2004a]. Pozostawało natomiast zagadnieniem niewyjaśnionym, do jak rozległych fragmentów drewna i na jaką odległość przemieszcza się podana iniekcyjnie ciecz robocza. Wiązało się to z dalszymi pytaniami: czy obszar ten może się powiększać pod wpływem cyklicznego powtarzania zabiegów i o ile bardziej skuteczne są zabiegi wykonywane jednocześnie w kilku miejscach drzewa. Aby na nie odpowiedzieć wykonano dalsze doświadczenia, w których jako cieczy roboczej użyto wody z dodatkiem błękitu metylenowego, barwnika pozostawiającego trwałe ślady w drewnie.

Materiał badawczy

PAWEŁ ZARZYŃSKI

Zakład Mikologii i Fitopatologii Leśnej SGGW
ul. Nowoursynowska 159, budynek 34
02-776 Warszawa
zarzynski@delta.sggw.waw.pl

Jako obiekt badawczy posłużyła grupa 20 dębów szypułkowych rosnących w drzewostanie na terenie Leśnictwa Młodzieszyn w Nadleśnictwie Radziwiłłów (ok. 80 km na zachód od Warszawy). Ich wiek wynosił ok. 30 lat, średnica na wysokości 1,3 m w granicach 6-13 cm

oraz wysokość od 5 do 15 m. Wszystkie drzewa zostały wstępnie pomierzone za pomocą średnicomierza (pierśnica w korze z dokładnością do 0,5 cm) oraz wysokościomierza optycznego (wysokość z dokładnością do 0,5 m). Dęby te zostały następnie losowo podzielone na cztery grupy po 5 okazów, mające posłużyć do wykonania czterech różnych wariantów doświadczenia.

Metodyka badań

W badaniach posłużono się oryginalną metodyką opracowaną przez autora [Zarzyński 2004b]. Na wysokości jednego metra od ziemi wiercono za pomocą wiertarki elektrycznej wyposażonej w wiertło o średnicy 6 mm otwór o głębokości ok. 3 cm zlokalizowany pod kątem ok. 45° w stosunku do poziomu podłoża. Następnie bezpośrednio nad otworem mocowano na pniu za pomocą drutu stalowego plastikową butelkę o pojemności 1,5 l, wyposażoną na dole w rurkę gumową o średnicy 5 mm, zaś na górze w otwór wentylacyjny służący jednocześnie do napełniania naczynia cieczą roboczą. Koniec rurki umieszczano w wywierconym w pniu otworze po czym jego brzegi uszczelniano masą plastyczną w celu zapobieżenia ewentualnym wyciekom. Butelkę napełniano następnie wodą po czym dodawano do niej 20 ml błękitu metylenowego – silnie barwiącej substancji mającej pełnić rolę identyfikatora obecności w drewnie cieczy roboczej. Rozprzestrzeniając się wraz z wodą nadaje ona drewnu jasnoniebieski kolor pozwalając stwierdzić jak daleko w głąb tkanki drzewnej przeniknęła podawana do drewna ciecz.

Zastosowano cztery warianty doświadczenia. W pierwszym z nich dokonano jednorazowej iniekcji, stosując jedną butelkę cieczy roboczej na każde drzewo. Po 7 dniach od jego dokonania wszystkie drzewa ścięto. W wariacie drugim dokonano iniekcji drzew stosując jedną butelkę cieczy roboczej na każde z nich, po czym po 7 dniach zabieg powtórzono w tym samym miejscu (powtórnie napełniono butelki). Po kolejnych 7 dniach (a więc 14 dni od wykonania pierwszego zabiegu) wszystkie drzewa ścięto. W wariacie trzecim również zastosowano jednopunktową iniekcję dla każdego drzewa, jednak powtarzano ją dwukrotnie po 7 i po 14 dniach powtórnie napełniając pojemniki. Po dalszych 7 dniach (a więc 21 dni od wykonania pierwszego zabiegu) drzewa ścięto. Tak zaplanowane doświadczenie miało odpowiedzieć na pytanie, czy obszar drewna do którego docierała ciecz robocza był zależny od liczby wykonanych zabiegów, czy też iniekcja jednorazowa okazała się równie skuteczna jak dwu- albo trzykrotna.

Ostatni, czwarty, wariant doświadczenia miał za zadanie stwierdzenie jak zastosowanie zabiegu iniekcji hydrostatycznej w więcej niż jednym punkcie drzewa jednocześnie wpływa na obszar objętego nią drewna. W tym celu grupę drzew testowych poddano iniekcji dwupunktowej, symetrycznie na wysokości jednego metra od ziemi z dwóch przeciwległych stron pnia. Obydwie butelki zostały napełnione wodą z dodatkiem błękitu metylenowego. Po siedmiu dniach drzewa zostały ścięte.

Po ścięciu drzewa ze wszystkich wariantów doświadczenia zostały pocięte na sekcje i pomierzone za pomocą linijki (pierśnica w korze i bez kory z dokładnością do 0,1 cm) oraz taśmy mierniczej (wysokość z dokładnością do 0,05 m). Następnie, korzystając z wzoru empirycznego dla dębu do obliczania miąższości strzały bez kory [Bruchwald i in. 1994] określono tę wielkość dla każdego okazu. Charakterystykę dendrometryczną drzew testowych przedstawia tabela 1.

Błękit metylenowy barwi drewno dając na przekroju poprzecznym pnia obraz mniej lub bardziej regularnych, jasnoniebieskich plam. W celu określenia rozmiarów obszarów, do których dotarła w drewnie ciecz robocza, pnie wszystkich ściętych drzew przecięto najpierw na wysokości iniekcji (tj. na wysokości jednego metra od ziemi). Następnie cięto je na 10-centymetrowej długości odcinki zarówno w stronę korony jak i podstawy, aż do momentu, gdy na kolejnym przekroju nie stwierdzono obecności barwnika. Ostatni wycinek, na którym stwierdzono ślady

Tabela 1.

Wymiary drzew poddanych doświadczeniu
Dimensions of the trees subjected to experiment

Nr drzewa	Pierśnica[cm]		Wysokość [m]	Miąższność bez kory [m ³]
	w k	b k		
1	9,9	9,0	8,15	0,0250
2	8,1	7,4	9,75	0,0202
3	9,4	8,2	9,20	0,0255
4	7,4	6,8	8,60	0,0149
5	8,4	7,7	7,75	0,0172
6	9,2	8,5	8,15	0,0216
7	6,8	6,5	6,00	0,0088
8	8,8	7,9	14,40	0,0350
9	8,8	8,1	10,45	0,0254
10	9,7	8,5	10,40	0,0306
11	10,3	9,7	5,40	0,0179
12	6,2	5,9	8,20	0,0100
13	7,9	7,3	6,35	0,0125
14	13,0	11,6	12,50	0,0655
15	10,8	10,0	7,00	0,0255
16	9,00	8,6	11,50	0,0292
17	9,6	9,0	7,80	0,0225
18	7,9	7,1	7,25	0,0143
19	10,2	9,5	12,35	0,0402
20	10,1	9,6	9,65	0,0308

barwnika cięto na mniejsze sekcje celem dokładnego (do 1 cm) określenia jego zasięgu. W miejscu każdego przecięcia przykładając do niego kawałek kalki technicznej dokładnie odwzorowywano kształt plamy wielkości naturalnej. W ten sposób dla każdego drzewa testowego z każdego wariantu doświadczenia oznaczono rozmiar obszaru objętego działaniem iniekcji hydrostatycznej, którego widocznym potwierdzeniem była obecność barwnika w drewnie.

Rysunki na kalce technicznej obrazujące wielkość plam na czołach wyrzynków zostały następnie przeniesione do pracowni gdzie przy pomocy planimetru geodezyjnego pomierzono ich powierzchnię. Większość plam pozostałych na przekrojach poprzecznych na skutek rozprzestrzeniania się w drewnie cieczy roboczej miała dość regularny kształt zbliżony do okrągłego. Dlatego też, w celu oszacowania rozmiarów obszaru pnia objętego działaniem iniekcji hydrosta-

tycznej założono, że dla każdego z wyrzynków jest ona równa objętości ściętego stożka, którego dolna i górna podstawa mają powierzchnię plam z dwóch kolejnych przekrojów, zaś wysokość wynosi 10 cm. Do obliczeń miąższości drewna zabarwionego w każdej sekcji wykorzystano następujący wzór:

$$V_S = \frac{h(P_1 \cdot \sqrt{P_1} - P_2 \cdot \sqrt{P_2})}{3(\sqrt{P_1} - \sqrt{P_2})}$$

gdzie:

- V_S – miąższność sekcji,
- h – wysokość sekcji (10 cm),
- P_1 – powierzchnia większej plamy,
- P_2 – powierzchnia mniejszej plamy.

Miąższność ostatnich sekcji (V_0) obliczano korzystając ze wzoru na objętość stożka. W ten sposób, obliczając objętość drewna zabarwionego z kolejnych sekcji i sumując je ze sobą uzyskano miąższność obszaru objętego działaniem cieczy podanej do drewna iniekcyjnie (V_I).

$$V_I = [V_{S1g} + V_{S2g} + V_{S...g} + V_{0g}] + [V_{S1d} + V_{S2d} + V_{S...d} + V_{0d}]$$

gdzie:

- V_I – miąższność obszaru objętego działaniem iniekcji,
- $V_{S1, 2, ..., g}$ – miąższność kolejnych sekcji w górę od miejsca iniekcji,
- $V_{S1, 2, ..., d}$ – miąższność kolejnych sekcji w dół od miejsca iniekcji,
- V_{0gd} – miąższność ostatniej sekcji w górę/w dół od miejsca iniekcji.

Wielkość tę porównano następnie z obliczoną wcześniej miąższością strzały bez kory uzyskując w ten sposób procentowy wskaźnik obrazujący skuteczność zastosowania iniekcji hydrostatycznej wobec każdego drzewa testowego ze wszystkich wariantów doświadczenia.

Wyniki

Wyniki poszczególnych wariantów doświadczenia przedstawione zostały w tabelach 2-5. W przypadku grupy drzew poddanych jednorazowej iniekcji jednopunktowej ciecz robocza docierała średnio na odległość 34,6 cm w górę i 33,0 cm w dół od miejsca iniekcji. Jej łączny średni zasięg – 67,6 cm odpowiadał przeciętnie 9,27% wysokości drzewa. Obszar drewna, do którego dotarła ciecz robocza wahał się w granicach 0,0001-0,0004 m³, co odpowiadało średnio 1,60% miąższości drzewa bez kory.

Tabela 2.

Zasięg oddziaływania jednorazowej iniekcji jednopunktowej
Range of effect of a single one-point injection

Nr drzewa	Miąższość bez kory [m ³]	Wysokość [m]	Zasięg obszaru iniekcji				Objętość obszaru iniekcji	
			w górę [cm]	w dół [cm]	łącznie [cm]	% wys. drzewa	[m ³]	% objętości drzewa
4	0,0149	8,60	41	38	79	9,19	0,0004	2,68
7	0,0088	6,00	44	39	83	13,83	0,0003	3,41
11	0,0179	5,40	28	30	58	10,74	0,0001	0,56
12	0,0100	8,20	35	31	66	8,05	0,0001	1,00
16	0,0292	11,50	25	27	52	4,52	0,0001	0,34
Średnio	0,0162	7,94	34,6	33,0	67,6	9,27	0,0002	1,60

Tabela 3.

Zasięg oddziaływania dwukrotnej iniekcji jednopunktowej
Range of effect of a double one-point injection

Nr drzewa	Miąższość	Wysokość [m]	Zasięg obszaru iniekcji				Objętość obszaru iniekcji	
			w górę [cm]	w dół [cm]	łącznie [cm]	% wys. drzewa	[m ³]	% objętości drzewa
1	0,0250	8,15	61	55	116	14,23	0,0009	3,60
2	0,0202	9,75	123	73	196	20,10	0,0011	5,45
9	0,0254	10,45	74	81	155	14,83	0,0003	1,18
18	0,0143	7,25	82	53	135	18,62	0,0005	3,50
19	0,0402	12,35	114	85	199	16,11	0,0015	3,73
Średnio	0,0250	9,59	90,8	69,4	160,2	16,70	0,0009	3,49

Tabela 4.

Zasięg oddziaływania trzykrotnej iniekcji jednopunktowej
Range of effect of a triple one-point injection

Nr drzewa	Miąższość	Wysokość [m]	Zasięg obszaru iniekcji				Objętość obszaru iniekcji	
			w górę [cm]	w dół [cm]	łącznie [cm]	% wys. drzewa	[m ³]	% objętości drzewa
5	0,0172	7,75	131	57	188	24,26	0,0009	5,23
6	0,0216	8,15	99	72	171	20,98	0,0008	3,70
13	0,0125	6,35	112	55	167	26,30	0,0013	10,40
17	0,0225	7,80	73	83	156	20,00	0,0014	6,22
20	0,0308	9,65	89	88	177	18,34	0,0008	2,60
Średnio	0,0209	7,94	100,8	71,0	171,8	21,98	0,0010	5,63

Tabela 5.

Zasięg oddziaływania jednorazowej iniekcji dwupunktowej
Range of effect of a single two-points injection

Nr drzewa	Miąższość	Wysokość [m]	Zasięg obszaru iniekcji				Objętość obszaru iniekcji	
			w górę [cm]	w dół [cm]	łącznie [cm]	% wys. drzewa	[m ³]	% objętości drzewa
3	0,0255	9,20	64	63	127	13,80	0,0037	14,51
8	0,0350	14,40	48	71	119	8,26	0,0024	6,86
10	0,0306	10,40	111	42	153	14,71	0,0012	3,92
14	0,0655	12,50	62	45	107	8,56	0,0019	2,90
15	0,0255	7,00	63	41	104	14,86	0,0011	4,31
Średnio	0,0364	10,70	69,6	52,4	122,0	12,04	0,0021	6,50

W przypadku drugiego wariantu doświadczenia – dwukrotnej iniekcji jednopunktowej – ciecz robocza docierała średnio na odległość 90,8 cm w górę i 69,4 cm w dół od miejsca iniekcji, zaś jej średni łączny zasięg (160,2 cm) odpowiadał przeciętnie 16,70% wysokości drzewa. Miąższość drewna wykazującego obecność cieczy roboczej zawierała się w przedziale 0,0003-0,0015 m³, co odpowiadało przeciętnie 3,49% miąższości drzewa bez kory.

Po zbadaniu drzew objętych trzecim wariantem doświadczenia – trzykrotną iniekcją jednopunktową – stwierdzono, że ciecz robocza przemieszczała się średnio na odległość 100,8 cm w górę i 71,0 cm w dół pnia. Jej przeciętny łączny zasięg (171,8 cm) odpowiadał średnio 21,98% wysokości drzewa. Ciecz robocza docierała do obszaru drewna o miąższości 0,0008-0,0014 m³, co odpowiadało średnio 5,63% miąższości drzewa bez kory.

Obiecujące wyniki uzyskano w czwartym wariantcie doświadczenia. Okazało się, że ciecz robocza podana za pomocą jednorazowej iniekcji dwupunktowej przemieszczała się średnio na odległość 69,6 cm w górę i 52,4 cm w dół pnia, zaś jej łączny zasięg (122,0 cm) odpowiadał przeciętnie 12,04% wysokości drzewa. Wynik ten ustępuje rezultatom uzyskanym przy zastosowaniu dwu- i trzykrotnej iniekcji jednopunktowej. Jednak w przypadku obszaru drewna objętego działaniem cieczy roboczej wariant czwarty okazał się najskuteczniejszy. Miąższość drewna do którego dotarła ciecz robocza zawierała się w granicach 0,0011-0,0037 m³, co odpowiadało średnio 6,50% miąższości drzewa bez kory.

Wnioski i stwierdzenia

- ✦ Podając drzewom iniekcynie ciecz roboczą z dodatkiem barwnika w widoczny sposób potwierdzono przydatność tej metody aplikacji środków płynnych do drewna żywych drzew.
- ✦ Powtórnie udowodniono, że podana iniekcynie ciecz robocza przemieszcza się zarówno w górę jak i w dół pnia od miejsca iniekcji.
- ✦ Obszar objęty iniekcją ma postać złączonych podstawami dwóch mniej lub bardziej regularnych brył neiloidalnych.
- ✦ W wariantach w których stosowano iniekcję kilkukrotną stwierdzono ciągły wzrost obszaru, do którego docierała ciecz robocza wraz z kolejnymi jej aplikacjami.
- ✦ Najwyższą skutecznością pod względem miąższości drewna, do którego dotarła ciecz robocza okazał się wariant, w którym zastosowano jednorazową iniekcję dwupunktową.
- ✦ Na podstawie uzyskanych wyników wydaje się, że do ewentualnego praktycznego zastosowania godne polecenia są metody uwzględniające iniekcje wielopunktowe.

Literatura

- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1994. Wzory empiryczne do określania miąższości drzewostanów dębowych. Sylwan 2: 5-11.
- Mc Wain P., Gregory G. F. 1971. Solubilization of benomyl for xylem injection in vascular wilt disease control. USDA Forest Service Research Paper Ne-234.
- Zarzyński P. 2003. Ograniczanie rozwoju zgnilizn drewna dębów i lip za pomocą iniekcji fungicydów systemicznych. Maszynopis rozprawy doktorskiej w Zakładzie Mikologii i Fitopatologii Leśnej SGGW.
- Zarzyński P. 2004a. Tempo iniekcji hydrostatycznych do drewna dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od grubości i wysokości drzewa oraz miąższości strzały w korze. Sylwan (w druku).
- Zarzyński P. 2004b. Technika wykonywania iniekcji hydrostatycznych do drewna żywych drzew. Sylwan 1: 39-42.

SUMMARY

The range of effect of hydrostatic injections in sessile oak (*Quercus robur* L.) wood

In addition to watering and spraying, hydrostatic injections are one of the methods of applying chemicals to the organisms of living trees by feeding working liquid directly into their wood. The usefulness of this method was proved as a result of the previously performed work. However, it remained unsolved how far the injected working liquid would penetrate into the vast fragments of the trees. It was also unknown if this range could be extended through a repeated series of treatments and how much more effective the treatments applied to several parts of a tree could be. To answer these questions, further experiments were conducted in which water with an addition of methylene blue leaving durable traces in the wood was used as working liquid. A group of 20 sessile oak trees aged around 30 were selected for testing. Four experiment variants were applied: a single, double and triple one-point injection and a single two-points injection. In a week's time after the last treatment, all trees were cut down, split into sections and the range of penetration of the liquid was determined on the basis of visible traces of the dye. The results were as follows: in the case of a single one-point injection it was 0.0001-0.0004 cu.m. on average, which corresponded to 1.60% of stem volume over bark in the case of double one-point injection, this value ranged between 0.0003 and 0.0015 cu.m. (or 3.49% of stem volume over bark on average). In the case of trees subjected to a triple one-point injection, working liquid reached 0.0008 - 0.0014 cu.m. of wood which accounted for 5.63% of stem volume over bark. Promising results were obtained in the case of a single two-point injection: the volume of the wood penetrated by working liquid ranged from 0.0011 to 0.0037 cu.m., or 6.50% of stem volume over bark. In this way, usefulness of hydrostatic injections made directly into the wood of living trees was proven. It was also ascertained that single multi-point treatments seemed to be the most useful form of their applying.