

Kształtowanie się pokrywy śnieżnej w sąsiedztwie zadrzewień śródpolnych

¹Zdzisław Bernacki, ²Jerzy Karg

¹Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, ul. Bukowska 19, 60-809 Poznań, Polska

²Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Nauk Biologicznych Katedra Ochrony Przyrody,
ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra, Polska

Abstrakt. Rola zadrzewień śródpolnych w kształtowaniu bilansu wodnego jest niejednoznaczna, gdyż wykorzystują one wodę w procesie transpiracji, ale jednocześnie zatrzymują śnieg i ograniczają parowanie z gleby. Celem pracy było określenie rozkładu pokrywy śnieżnej w sąsiedztwie zadrzewień oraz ocena ilości wody zgromadzonej w zatrzymanym przez zadrzewienia śniegu. Badania prowadzono w Parku Krajobrazowym im. gen. Dezyderego Chłapowskiego. Objęto nimi 5 zadrzewień zróżnicowanych co do: szerokości, zwarcia, składu gatunkowego, wieku, wysokości i struktury. Akumulacja śniegu przez zadrzewienie była uzależniona od jego: wieku, wysokości, zwarcia i obecności podszytu. W przypadku zwartych zadrzewień śnieg gromadzony był na stronie dowieznej, w przypadku zadrzewień luźnych po stronie zawietrznej lub we wnętrzu zadrzewienia. Najwięcej śniegu w strefie oddziaływania zakumulowało 16-letnie mieszane zadrzewienie Wysokość. Retencję wody na odcinku 100 m tego zadrzewienia oszacowano na 498 m³ (23 dm³ m⁻²), a w pozostałych zadrzewieniach na 119–162 m³. Wodochronne znaczenie zadrzewień zostało potwierdzone poprzez badania wilgotności gleby po śnieżnej zimie. W powierzchniowej warstwie gleby (do 5 cm) wilgotność była najwyższa przy zadrzewieniu i zmniejszała się liniowo do 80 m od niego.

słowa kluczowe: zadrzewienia, pokrywa śnieżna, zapas wody w śniegu

WSTĘP

Wieloletnie badania wykazały, że zadrzewienia śródpolne są elementem krajobrazu rolniczego silnie wpływającym na jego funkcjonowanie. Podwyższają one różnorodność biologiczną (Ryszkowski, 1975; Dąbrowska-Prot, 1987; Burel, Baudry, 1990; Ryszkowski, Karg, 1991; Fry, 1992;

Karg, Ryszkowski, 1996; Kujawa, 1994, 1996, 1997), a także modyfikują mikroklimat (Jansz, 1959; Jaworski, 1962; Jakuszczyński, 1967; Ryszkowski, 1975; Ryszkowski, Kędziora, 1987) i drogi obiegu substancji chemicznych (Ryszkowski i in., 1990; Bernacki, 1994; Bartoszewicz, Ryszkowski, 1996; Życzyńska-Bałoniak i in., 1996). Powszechnie znany jest efekt zmiany warunków mikroklimatycznych w gradiencie: zadrzewienie – pole uprawne (Ryszkowski, 1975; Grace, 1988; Kort, 1988; Kędziora, Olejnik, 2002; Brande i in., 2004). W przypadku dobrze rozwiniętych zadrzewień pasowych, po przejściu przez zadrzewienie prędkość wiatru spada do około 60% prędkości początkowej. Efekt ten występuje jeszcze w odległości ośmiu wysokości zadrzewienia, czyli biorąc pod uwagę przeciętną wysokość w pełni rozwiniętego zadrzewienia, ok. 200 m. Skutkiem zmniejszenia prędkości wiatru jest ograniczenie parowania z powierzchni gleby, nawet o 1/4. W rezultacie poprawia się bilans wodny, a ponadto temperatura gleby jest wyższa niż na terenach otwartych (Karg, Karlik, 1993).

Roślinność tworząca zadrzewienia intensywnie transpiruje. Według McPhersona i in. (2000) drzewa tygodniowo zużywają przeciętnie 20 litrów wody plus 20 litrów na każde 2,5 cm pierśnicy. Zjawisko to wraz z głęboką penetracją korzeni sprawia, że pod i w sąsiedztwie zadrzewienia obniża się poziom wód gruntowych, tworzy się lej depresyjny sięgający poza jego granice do około jednej wysokości zadrzewienia (Margowski, 1970; Ryszkowski, Kędziora, 1987). Ponadto zadrzewienia ograniczają dopływ wody do gleby poprzez intercepcję (przechwytywanie opadu przez korony drzew). Nisbet (2005) szacuje, że przy opadach sięgających 1000 mm rocznie las liściasty powoduje utratę 300–390 mm wody w wyniku ewaporacji i aż 400–640 mm w wyniku transpiracji drzew. Ponadto 100–250 mm podlega intercepcji.

Zarówno transpiracja, jak i intercepcja oddziałują korzystnie w skali krajobrazu, ponieważ w znacznym stopniu kontrolują wielkość odpływu wody z ekosystemu. Wyższa ewapotranspiracja oznacza mniejszy odpływ wody

Autor do kontaktu:

Zdzisław Bernacki
e-mail: zdzislaw57@gazeta.pl
tel./faks 48 65 5134253

Praca wpłynęła do redakcji 14 lutego 2013 r.
Praca została zatwierdzona do druku 23 kwietnia 2015 r.

ze zlewni. Roczny odpływ z terenów zadrzewionych jest w związku z tym czterokrotnie niższy niż z terenów zabudowanych (Ryszkowski, Kędziora, 1987). Jednak lokalnie zadrzewienia mogą powodować niedobory wody w swym najbliższym sąsiedztwie (Margowski, 1970). To niekorzystne zjawisko może być ograniczone w śnieżne zimy dzięki utrzymywaniu pokrywy śnieżnej. Przegląd badań dokumentujących wpływ zatrzymywania śniegu przez zadrzewienia na wzrost plonów zbóż zaprezentował Kort (1988). W Polsce dokładne badania akumulacji śniegu w sąsiedztwie zadrzewień i w samych zadrzewieniach prowadzone były w latach 60. XX w. (Jansz, Młynarczyk, 1966). W okresie późniejszym tematyka ta była rzadko podejmowana (Górka, 1988; Węgorok, Rybicki, 2006).

Właściwe kształtowanie zadrzewień powinno uwzględniać zarówno ich właściwości przeciwwietrzne, jak i możliwości zwiększenia retencji wody poprzez akumulację śniegu (Jansz, Młynarczyk 1966). Celem prezentowanej pracy było określenie rozkładu pokrywy śnieżnej w sąsiedztwie zadrzewień oraz retencji wody przez zadrzewienia o różnym wieku, wysokości i strukturze.

OBIEKTY BADAWCZE I METODY

Badania prowadzono w okolicach Turwi, w Parku Krajobrazowym im. gen. Dezyderego Chłapowskiego. Do badań wybrano pięć zadrzewień rosnących w jednakowych warunkach siedliskowych. Podłoże pod nimi, jak i na przyległych polach stanowiły gleby płowe (Marcinek, 1996). Cztery spośród wybranych zadrzewień miały przebieg południkowy, stanowiąc barierę dla najczęściej spotykanych wiatrów. Piąte zadrzewienie było usytuowane w przybliżeniu na kierunku wschód – zachód. Zadrzewienia różniły się wiekiem, składem gatunkowym, wysokością, stopniem zwarcia koron i obecnością lub brakiem podszytu (tab. 1).

Wstępne oceny kumulacji śniegu przeprowadzono w grudniu 1995 i 1998 na jednym wybranym zadrzewieniu Wyskoć. Badania wszystkich pięciu zadrzewień przeprowadzono 14 stycznia 2010 r., 4 dni po intensywnych opadach śniegu (9,8 mm wody, w ciągu 10 dni). W 1998 roku przeważały wiatry zachodnie, więc stronę zachodnią traktowano jako dowietrzną. W 2010 r. od momentu wystąpienia opadów do przeprowadzenia pomiarów notowano wyłącznie wiatry południowo-wschodnie, w związku z tym stronę wschodnią (w przypadku równoleżnikowo ukierunkowanego zadrzewienia topolowego południową) uznano za dowietrzną.

Grubość pokrywy śnieżnej zmierzono za pomocą łąty geodezyjnej i linijki z dokładnością do 1 cm. Przy każdym zadrzewieniu wykonano po trzy pomiary w odległości: 0,5, 2, 5, 10, 50 i 100 m od zadrzewienia, a ponadto we wnętrzu zadrzewienia i na jego skraju. Wyjątkiem była dwurzędowa aleja topolowa, środkiem której biegła odśnieżana droga i przeprowadzenie pomiarów we wnętrzu zadrzewienia było niemożliwe.

Ilość śniegu skumulowaną w sąsiedztwie zadrzewienia (po obu stronach) oraz w jego wnętrzu obliczono dopasowując do wyników eksperymentalnych równanie krzywej opisującej rozkład grubości pokrywy śnieżnej (oddzielnie dla pola po stronie dowietrznej i zawietrznej oraz dla wnętrza zadrzewienia). Najlepiej dopasowane do danych eksperymentalnych w przypadku wnętrza zadrzewienia okazały się równania wielomianowe drugiego stopnia, a w przypadku pól przy zadrzewieniu – równania wielomianowe lub liniowe. Dla zachowania jednolitego sposobu przeliczania danych we wszystkich przypadkach zastosowano równania wielomianowe drugiego stopnia (tab. 2). Równania te po scałkowaniu posłużyły do obliczenia ilości śniegu gromadzonej w zadrzewieniu i na polu do 100 m od jego skraju oraz przeciętnej grubości pokrywy śnieżnej.

Tabela 1. Charakterystyka badanych zadrzewień
Table 1. Characteristic of studied shelterbelts.

Cecha Trait	Pas Chłapowskiego	Topolowe	Wyskoć	Wyskoć C	Łuszkowo
Położenie Direction	N–S	W–E	N–S	N–S	N–S
Wiek [lata] Age [years]	~160	~50	16	11	13
Szerokość [m] Wide [m]	30	-	18	12	12
Wysokość [m] Height [m]	20–22	~20	~15	~10	10–12
Stopień zwarcia Closeness	luźne loose	bardzo luźne very loose	zwarte dense	zwarte dense	zwarte dense
Podszyt Shrub layer	ubogi poor	brak no	umiarkowany fairly dense	bardzo gęsty very dense	gęsty dense
Dominujące gatunki drzew Dominating tree species	<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Populus sp.</i>	<i>Quercus robur</i> <i>Larix europaea</i> <i>Betula verrucosa</i> <i>Tilia cordata</i>	<i>Betula verrucosa</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Picea abies</i> <i>Acer campestre</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Betula verrucosa</i>

Tabela 2. Funkcje opisujące rozkład pokrywy śnieżnej w sąsiedztwie badanych zadrzewień
Table 2. Formulas describing snow cover distribution in the vicinity of the studied shelterbelts.

Zadrzewienie Shelterbelt	Strona zawietrzna Leeward side	Wnętrze Interior	Strona dowietrzna Windward side
Wyskoć	$y = -0,0024x^2 + 0,14x + 30,379$	$y = -0,037x^2 + 0,3636x + 33,081$	$y = -0,0017x^2 + 0,0448x + 32,666$
Wyskoć C	$y = -0,0006x^2 + 0,0055x + 24,201$	$y = 0,0573x^2 + 0,3984x + 26,152$	$y = 0,0017x^2 - 0,2644x + 27,606$
Pas Chłapowskiego	$y = 0,0001x^2 - 0,0146x + 20,281$	$y = -0,0336x^2 + 0,0535x + 34,868$	$y = -0,0004x^2 - 0,0002x + 27,997$
Łuszkowo	$y = -0,0005x^2 + 0,0736x + 21,043$	$y = -0,2251x^2 + 0,7724x + 37,438$	$y = 0,0011x^2 - 0,1929x + 28,057$
Topolowe	$y = -0,0032x^2 + 0,2827x + 20,845$	–	$y = 0,0008x^2 - 0,0634x + 20,239$

W celu obliczenia ilości wody zatrzymywanej przez zadrzewienie wytopiono wodę z określonej objętości śniegu (w pięciu powtórzeniach) i obliczono współczynnik uwodnienia śniegu

$$W = V_w / V_s$$

gdzie:

W – współczynnik uwodnienia śniegu

V_w – objętość wytopionej wody [cm^3]

V_s – objętość śniegu [cm^3]

a następnie ilość retencjonowanej wody w milimetrach słupa wody

$$H_w = H_s \cdot W \cdot 10 - H_{100} \cdot W \cdot 10$$

gdzie:

H_w – wysokość słupa retencjonowanej wody [mm]

H_s – średnia grubość pokrywy śnieżnej w zadrzewieniu i jego sąsiedztwie [cm]

H_{100} – średnia grubość pokrywy śnieżnej na otwartym polu (100 m od zadrzewienia) [cm]

W – współczynnik uwodnienia

oraz w m^3 na długości 100 metrów bieżących zadrzewienia, przyjmując pas oddziaływania zadrzewienia do 100 metrów od jego skraju.

$$R = H_w \cdot (200 + d) \cdot L / 1000$$

gdzie:

R – ilość retencjonowanej wody [m^3]

H_w – średnia ważona wysokość słupa zretencjonowanej wody [mm]

d – szerokość zadrzewienia [m]

L – długość analizowanego odcinka zadrzewienia = 100 m

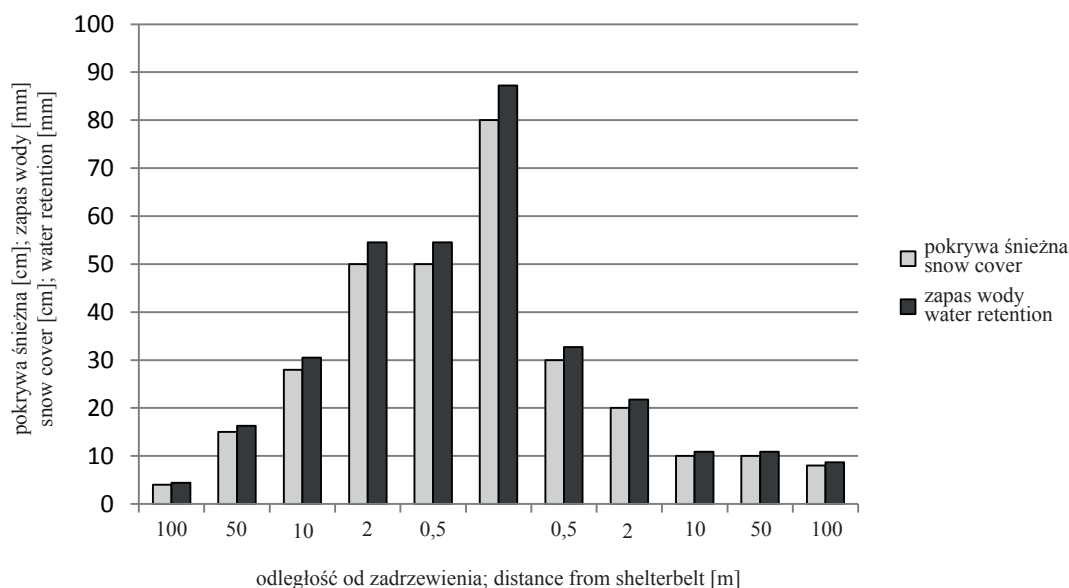
Wilgotność gleby w sąsiedztwie zadrzewienia Pas Chłapowskiego oznaczona została metodą suszarkowo-wagową. Próbkę gleby pobierano w zadrzewieniu, 3 m od jego skraju oraz na polu, co 5 m, do 90 m od zadrzewienia. Dokładny opis metodyki znajduje się w pracy Bernackiego (2012).

WYNIKI

Zadrzewienie Wyskoć, posadzone jesienią 1993 r., zaczęło pełnić funkcję bariery przeciwwietrznej już w wieku trzech lat. Efekt kumulacji śniegu zaobserwowany w styczniu 1995 r. był niewielki. Pokrywa śnieżna w zadrzewieniu wynosiła około 10 cm, podczas gdy na polach nie przekraczała 1 cm. W pięć lat po posadzeniu (grudzień 1998 r.) zadrzewienie akumulowało już w swym wnętrzu i w strefie styku z polami znaczne ilości śniegu. Pokrywa śnieżna we wnętrzu zadrzewienia wynosiła średnio 80 cm. Oszacowany w tym okresie współczynnik uwodnienia śniegu wyniósł 0,11. Taka grubość pokrywy śnieżnej odpowiadała zatem 87,2 mm słupa wody, podczas gdy na otwartych polach wartości te wahały się od 4 cm (4,4 mm słupa wody) do 8 cm (8,7 mm słupa wody) (rys. 1). Po kolejnych 11 latach (styczeń 2010 r.) wzrastająca wysokość oraz zwarcie drzew w zadrzewieniu doprowadziły do zmiany w sposobie oddziaływania tego zadrzewienia jako bariery przeciwwietrznej. W roku 2010 grubość pokrywy śnieżnej w zadrzewieniu nie różniła się istotnie od stwierdzonej na przyległych polach, aż do 50 m od zadrzewienia. Dopiero w odległości 100 m stwierdzono znacząco mniejszą grubość pokrywy śnieżnej. Znaczna szerokość pasa oddziaływania zadrzewienia spowodowała, że zadrzewienie to zatrzymywało największe ilości śniegu spośród wszystkich analizowanych (rys. 2).

Zadrzewienie Wyskoć C, o bardzo gęstym podszycie, zatrzymywało śnieg głównie we wnętrzu, aż do granicy zadrzewienia i pola, z tym że największe ilości śniegu zatrzymywane były przy skraju zadrzewienia, po stronie dowietrznej. Grubość pokrywy śnieżnej w sąsiedztwie zadrzewienia szybko zmniejszała się i już w odległości 50 m nie różniła się znacząco od stwierdzonej na otwartym polu, przy czym wpływ zadrzewienia zaznaczył się przede wszystkim po stronie wschodniej (w okresie prowadzenia badań dowietrznej) (rys. 2).

W sąsiedztwie zadrzewienia Pas Chłapowskiego znaczącą retencję śniegu można było zaobserwować jedynie po stronie dowietrznej, gdzie podwyższona grubość pokrywy śnieżnej została stwierdzona na jego skraju, nato-



Rys. 1. Akumulacja śniegu i wody w zadrzewieniu „Wysokość” (grudzień 1998 r.)

Fig. 1. Snow and water accumulation in shelterbelt “Wysokość” (December 1998).

miast na polu stopniowo zmniejszała się aż do pięćdziesiątego metra od zadrzewienia. Jednak jeszcze w odległości 100 m grubość pokrywy śnieżnej była wyższa niż po stronie zawietrznej (rys. 2).

Młode, o gęstym podszyciu zadrzewienie Łuszkowo zatrzymywało śnieg głównie po stronie dowietrznej, przy czym grubość pokrywy śnieżnej rosła od odległości 50 m od zadrzewienia aż do jego wnętrza. Wewnątrz zadrzewienia po stronie zawietrznej grubość pokrywy śnieżnej zmniejszała się, a po stronie zawietrznej była podobna przy zadrzewieniu i na otwartym polu (rys. 2).

W najmniejszym stopniu, zgodnie z oczekiwaniami, pokrywę śnieżną zatrzymywało bardzo luźne, dwurzędowe zadrzewienie topolowe. Równoleżnikowe usytuowanie tego zadrzewienia nie miało przy tym większego znaczenia, gdyż w okresie od opadów śniegu do momentu przeprowadzenia pomiarów występowały wiatry południowo-wschodnie, przechodzące przez wszystkie badane zadrzewienia pod tym samym kątem.

Analiza rozkładu pokrywy śnieżnej w sąsiedztwie zadrzewień w różnym wieku, o różnej wysokości i o różnym stopniu zwarcia wskazuje, że ilość zatrzymywanego śniegu zależy przede wszystkim od stopnia zwarcia zadrzewienia, a zasięg strefy jego oddziaływania od wysokości

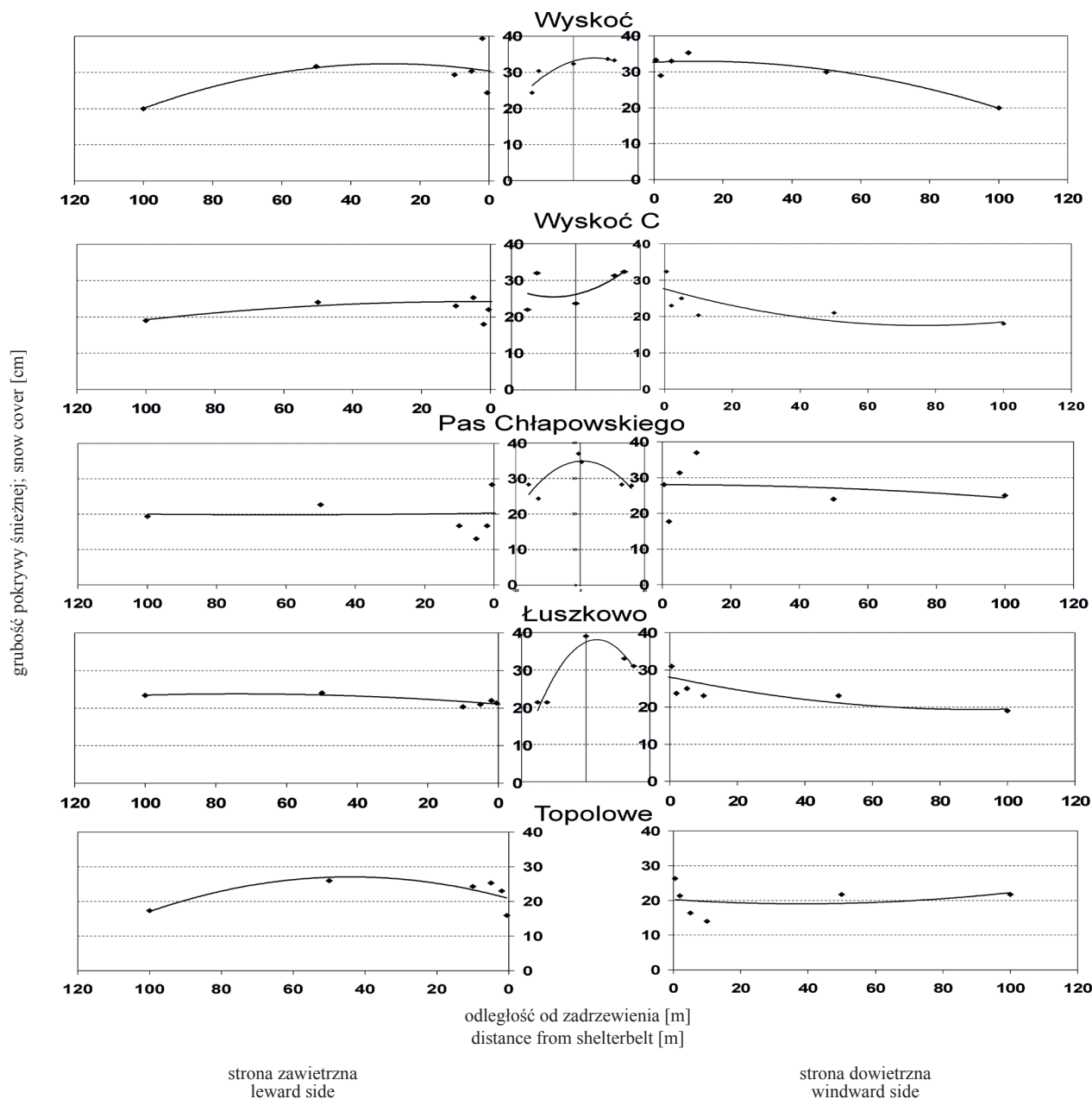
Tabela 3. Średnia grubość pokrywy śnieżnej [cm] w badanych zadrzewieniach i na przyległych polach (do 100 m od zadrzewienia) (2010 r.)

Table 3. Average depth of snow cover [cm] in studied shelterbelts and on adjoin fields (up to 100 m from shelterbelt) – 2010.

Zadrzewienie Shelterbelt	Strona zawietrzna Leeward side	Wnętrze Interior	Strona dowietrzna Windward side	Otwarte pole Open field
Wysokość	29,4	31,7	29,2	20,0
Wysokość C	22,5	28,1	20,1	18,5
Pas Chłapowskiego	19,9	34,2	26,7	22,0
Łuszkowo	23,1	35,6	22,1	21,0
Topolowe	24,3	–	19,7	19,5

(rys. 2, tab. 3). Jedynie bardzo luźne zadrzewienie topolowe gromadziło śnieg przede wszystkim po stronie zawietrznej.

Ilość zatrzymywanego śniegu przekłada się na retencję wody. Współczynnik uwodnienia śniegu wyniósł 0,24, a retencję wody na odcinku 100 m zadrzewienia Wysokość oszacowano na 498 m³ (23 dm³·m⁻²) (tab. 4). W przypadku tego zadrzewienia na grubość pokrywy śnieżnej i retencję wody wpływała jednak struktura krajobrazu w jego otoczeniu. Teren ten został kompleksowo zadrzewiony na początku lat 90. ubiegłego wieku, a ponadto od strony południowej zamknięty jest lasem, co dodatkowo wpływało na zatrzymywanie zwiewanego z pól śniegu. Pozostałe zadrzewienia zatrzymywały od 120 m³ wody (topolowe, Łuszkowo) do 162 m³ (Wysokość C). Stosunkowo niewielka okazała się retencja wody w sąsiedztwie zadrzewienia Łuszkowo, o gęstym podszyciu. Natomiast w obrębie samego



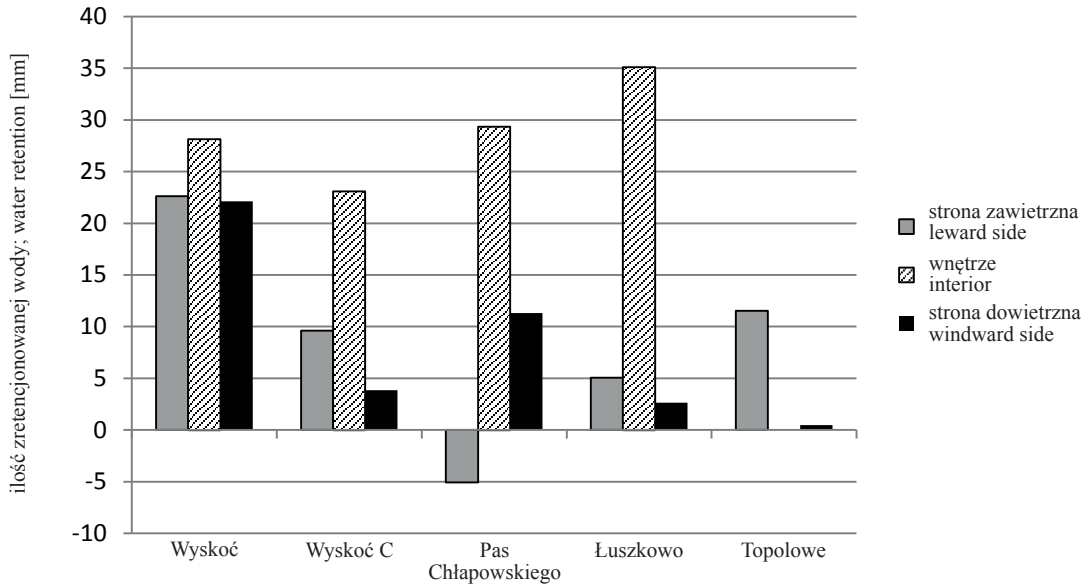
Rys. 2. Rozkład pokrywy śnieżnej w badanych zadrzewieniach i na przyległych polach (2010 r.)

Fig. 2. Distribution of snow cover in studied shelterbelts and in adjoining fields (2010).

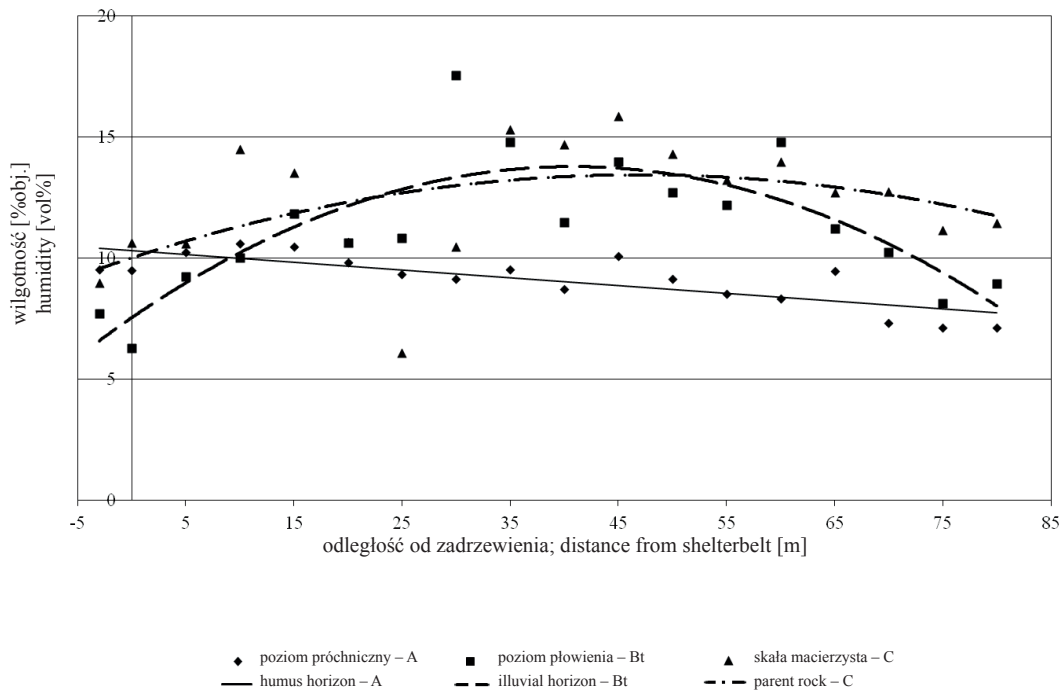
zadrzewienia zatrzymywana ilość wody była największa ze wszystkich badanych zadrzewień (rys. 3). Podobną ilość zatrzymanego śniegu zanotowano w przypadku zadrzewienia topolowego oraz Pasa Chłapowskiego, jednak w przypadku tego ostatniego śnieg gromadzony był głównie w samym zadrzewieniu, rekompensując straty spowodowane transpiracją drzew.

Korzystny wpływ zadrzewień na bilans wodny potwierdziły badania wilgotności gleby przeprowadzone po

śnieżnej zimie 14 kwietnia 2005 r., po stronie dowietrznej (w zimie 2004/05 zachodniej) zadrzewienia Pas Chłapowski. W warstwie próchniczej wilgotność gleby była najwyższa przy zadrzewieniu i zmniejszała się liniowo w głąb pola. W głębszych warstwach profilu glebowego, gdzie efekt kumulacji wody w pokrywie śnieżnej nie miał już większego znaczenia, maksimum wilgotności gleby wystąpiło w odległości 40–50 m od zadrzewienia (rys. 4).



Rys. 3. Wysokość słupa wody [mm] zatrzymanej przez badane zadrzewienia w wyniku akumulacji pokrywy śnieżnej
 Fig. 3. Height of water layer [mm] accumulated as snow cover by studied shelterbelts.



Rys. 4. Zależność wilgotności gleby od odległości od zadrzewienia, na różnych poziomach profilu glebowego, po stronie dowietrznej – zadrzewienie Pas Chłapowskiego, 14 kwietnia 2005 r. (źródło: Bernacki, 2012)
 Fig. 4. The dependence of soil moisture content on the distance from shelterbelt (Pas Chłapowskiego, windward side, April 14, 2005) at different levels of the soil-profile (source: Bernacki, 2012).

Tabela 4. Ilość wody zatrzymywana wewnątrz zadrzewienia i w obustronnym pasie o szerokości 100 m przez 100 m biegnących zadrzewienia
 Table 4. Quantity of water accumulated by 100 m of shelterbelt in a 100 m wide belt.

Zadrzewienie Shelterbelt	Ilość wody; Quantity of water [m ³]
Wyskoć	498
Wyskoć C	162
Pas Chłapowskiego	151
Łuszkowo	119
Topolowe	120

DYSKUSJA

Przeprowadzone w ramach niniejszej pracy badania wykazały, że głównym czynnikiem różnicującym możliwości zwiększania grubości pokrywy śnieżnej przy zadrzewieniach jest ich struktura. Najkorzystniej prezentowały się pod tym względem zadrzewienia zwarte z umiarkowanym lub gęstym podszytem. Również Węgorzek i Rybicki (2006) stwierdzili zatrzymywanie większych ilości śniegu w sąsiedztwie zadrzewień zwartych, mimo że, jak twierdzą autorzy, na uzyskane przez nich wyniki wpływ miał nietypowy układ wiatrów, a cytowane badania były prowadzone w krajobrazie bardziej zróżnicowanym pod względem fizjograficznym. Zarówno w przypadku cytowanej pracy, jak i w przeprowadzonych przez nas badaniach zadrzewienia o zwartej budowie kumulowały śnieg głównie po stronie dowietrznej. W zadrzewieniu luźnym Węgorzek i Rybicki (2006) stwierdzili kumulację śniegu przede wszystkim w obrębie samego zadrzewienia. W naszych badaniach taki rozkład pokrywy śnieżnej obserwowany był w luźnym zadrzewieniu Pas Chłapowskiego, ale również w młodym, zwartym zadrzewieniu Łuszkowo. Na decydujący wpływ zwarcia drzewostanu na kształtowanie się pokrywy śnieżnej zwracali uwagę także Żarnowiecki (2008) oraz Jansz i Młynarczyk (1966), którzy przeprowadzili oceny w 15 zadrzewieniach o różnej budowie. W przypadku ich badań zadrzewienia zwarte, a także ażurowe (w przyjętej przez autorów klasyfikacji pośrednie między przewiewnymi a zwartymi) jeżeli tylko posiadały wykształcony podszyt, zwiększały grubość pokrywy śnieżnej głównie po stronie dowietrznej przy krawędzi zadrzewienia. W naszej pracy taki rozkład pokrywy śnieżnej obserwowano w sąsiedztwie młodego, zwartego, o gęstym podszytzie zadrzewienia Wyskoć C, a w mniejszym stopniu także Łuszkowo i Pas Chłapowskiego, gdzie, jak już wspomniano, kumulacja śniegu miała miejsce przede wszystkim we wnętrzu zadrzewienia. Zadrzewienie Pas Chłapowskiego uznawane jest za modelowe zadrzewienie przeciwwietrzne (Wilusz, 1956; Jansz, 1959; Ryszowski, 1975; Bernacki, 2012). Uzyskane w prezentowanej pracy wyniki wskazują zatem,

że sprzeczne wymagania co do struktury zadrzewień przeciwwietrznych (luźne) i zwiększających grubość pokrywy śnieżnej (zwarte) możliwe są do pogodzenia. W przypadku zadrzewień przewiewnych Jansz i Młynarczyk (1966) oraz Górka (1988) stwierdzili zatrzymywanie większych ilości śniegu po stronie zawietrznej w odległości ok. 8 h. Taki rozkład pokrywy śnieżnej potwierdzono w niniejszej pracy dla bardzo luźnego zadrzewienia topolowego. Również Kort (1988) na podstawie obszernego przeglądu literatury potwierdza zależność ilości i rozkładu zatrzymanego śniegu od struktury zadrzewienia. Zadrzewienia analizowane przez Korta były zadrzewieniami luźnymi, przez co wzrost grubości pokrywy śnieżnej zachodził głównie po stronie zawietrznej. Najluźniejsze zadrzewienia zatrzymywały przy tym śnieg na dłuższym odcinku, ale przy zadrzewieniach bardziej zwartych pokrywa śnieżna miała większą grubość. Podobne zależności stwierdzone zostały w naszej pracy. Zbliżone wyniki uzyskali też Habarov i Kanarskij (2010). Przeprowadzone przez nich badania wykazały, że największa kumulacja śniegu (ok. 120 cm) wystąpiła w odległości 30 m od luźnego zadrzewienia brzożowego, a w odległości 90 m grubość pokrywy śnieżnej wynosiła już tylko 60 cm. W sąsiedztwie zadrzewienia zmniejszała się gwałtownie osiągając przy jego skraju jedynie niecałe 40 cm. Spadek grubości pokrywy śnieżnej w bezpośrednim sąsiedztwie przewiewnych zadrzewień odnotowali też Jansz i Młynarczyk (1966) oraz Kort i in. (2011). W prezentowanej pracy taki rozkład pokrywy śnieżnej obserwowano jedynie po stronie zawietrznej w przypadku najluźniejszego zadrzewienia topolowego, w mniejszym stopniu efekt ten wystąpił przy zadrzewieniach Wyskoć i Łuszkowo.

Funkcję utrzymywania pokrywy śnieżnej w krajobrazie rolniczym najlepiej spełniają zadrzewienia. Zadrzewienie Wyskoć utrzymywało pokrywę śnieżną już w wieku pięciu lat, kiedy było jeszcze bardzo niskie. Efekt taki można jednak uzyskać także poprzez zwiększenie szorstkości powierzchni. W suchym regionie płd. Norwegii uzyskano wzrost grubości pokrywy śnieżnej poprzez wprowadzenie pasów trwałej roślinności o wysokości ok. 60 cm (Rognerud, Varum, 1974). W Saskatchewan efekt taki dało pozostawienie na polu ścierni pszenicy o wysokości 17 cm (Kort i in., 2012).

Podkreślany w niniejszej pracy efekt retencji wody dzięki akumulacji śniegu w sąsiedztwie zadrzewień lub pasów trwałej roślinności obserwowany był zwłaszcza w regionach suchych, między innymi w południowej Rosji i na Syberii (Danilov 1992; Sizemskaya i in., 2002; Habarov, Kanarskij, 2010). Na zwiększone znaczenie akumulacji śniegu przez zadrzewienia w latach suchych w centralnej części Ameryki Północnej wskazują także Kort (1988) oraz Kort i in. (2011). Związany z akumulacją śniegu efekt wzrostu wilgotności gleby w sąsiedztwie pasa trwałej roślinności odnotowali Rognerud i Varum (1974). Charakterystyczne było to, że wiosną wilgotność w zadrzewieniu

lub w obrębie pasa trwałej roślinności była wyższa niż na otwartym polu. Wynikało to z dopływu wody z topniejącego w okresie wiosennym śniegu.

WNIOSKI

1. Już obecność młodych, kilkuletnich zadrzewień powoduje wzrost grubości pokrywy śnieżnej. Akumulacja śniegu zachodzi przede wszystkim w ich wnętrzu i najbliższym (do kilku metrów) sąsiedztwie.

2. Sposób akumulacji śniegu zależy od struktury zadrzewienia. W pełni wykształcone zadrzewienia zwarte akumulują śnieg głównie po stronie dowietrznej, zadrzewienia luźne po stronie zawietrznej oraz wewnątrz.

3. Zadrzewienia śródpolne mogą poprzez akumulację śniegu zatrzymać znaczne ilości wody, dochodzące do 500 m³ na 100 metrów bieżących zadrzewienia.

PIŚMIENNICTWO

- Bartoszewicz A., Ryszkowski L., 1996.** Influence of the shelterbelts and meadows on the chemistry of ground water. ss. 98-109. W: Dynamics of Agricultural Landscape; eds.: Ryszkowski L., French N.R., Kędziora A., PWRiL Poznań.
- Bernacki Z., 1994.** Influence of main types of ecotones on the decomposition of organic matter in agricultural landscape. ss. 143-152. W: Functional appraisal of agricultural landscape in Europe; eds.: Ryszkowski L., Bałazy S., Research Center of Agricultural and Forest Environment PAS, Poznań.
- Bernacki Z., 2012.** Przestrzenne zróżnicowanie produkcji pierwotnej i rozkładu materii organicznej w krajobrazie rolniczym, na przykładzie Parku Krajobrazowego im. gen. Dezyderygo Chłapowskiego: Znaczenie struktury krajobrazu. Rozprawy Naukowe 437. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Poznań, 163 ss.
- Brandle J.R., Hodges L., Zhou H.H., 2004.** Windbreaks in North American agricultural systems. ss. 65-78. W: New vistas in agroforestry; red.: P.K.R. Nair, M.R. Rao, L.E. Buck, Kluwer, Dordrecht.
- Burel F., Baudry J., 1990.** Structural dynamic of a hedgerow network landscape in Brittany France. Landscape Ecology, 4: 197-210.
- Danilov N.I., 1992.** Formirovanie snežnogo pokrova v nasaždenijah različnogo sostava i struktury. Lesnyj Žurnal, 2: 27-31.
- Dąbrowska-Prot E., 1987.** Woodlots in an agricultural landscape. Polish Ecological Studies, 13: 153-168.
- Fry G., 1992.** Butterfly movement and hedgerows. W: Hedgerow Management and Nature Conservation. British Ecological Society Symposium, Wye College, University of London, September 1992.
- Górka W., 1988.** Wpływ zadrzewień o różnej formie i budowie na kształtowanie się pokrywy śnieżnej. Prace IBL, Warszawa, ss. 53-78.
- Grace J., 1988.** Plant response to wind. Agriculture Ecosystems and Environment, 22/23: 71-88.
- Habarov S.N., Kanarskij A.A., 2010.** Vozdejstvie sadožašitnoj polosy na formirovanie snega v posadkakh žimolosti. Vestnik Altaiskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta, 65: 25-28.
- Jakuszewski T., 1967.** The effect of shelterbelt on the characteristics of some microclimate factors in adjoining fields. Ekologia Polska, A: 15: 115-138.
- Jansz A., 1959.** Wpływ zadrzewienia ochronnego w Rogaczewie na mikroklimat pól przyległych. Roczniki Nauk Rolniczych, 79: 1091-1125.
- Jansz A., Młynarczyk B., 1966.** Wpływ zadrzewień śródpolnych na kształtowanie się pokrywy śnieżnej pól przyległych. Roczniki Nauk Rolniczych, A, 90: 475-497.
- Jaworski J., 1962.** Mikroklimat i klimat lokalny okresu letniego na terenach zadrzewionych. Ekologia Polska, A, 10: 325-371.
- Karg J., Karlik B., 1993.** Zadrzewienia na obszarach wiejskich. Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, (publ.) Poznań, 46 ss.
- Karg J., Ryszkowski L., 1996.** Animals in arable land. ss. 138-172. W: Dynamics of an agricultural landscape; eds.: Ryszkowski L., French N., Kędziora A., PWRiL, Poznań.
- Kędziora A., Olejnik J., 2002.** Water balance in agricultural landscape and options for its management by change in plant cover structure of landscape. ss. 57-110. W: Landscape ecology in agroecosystems management; red. L. Ryszkowski, CRC Press, Boca Raton.
- Kort J., 1988.** Benefits of Windbreaks to Field and Forage Crops. Agriculture, Ecosystems and Environment, 22/23: 165-190.
- Kort J., Bank G., Pomeroy J., Fang X., 2011.** Effects of shelterbelts on snow distribution and sublimation. Agroforestry System, 86: 335-344.
- Kujawa K., 1994.** Influence of land use change within agricultural landscape on the abundance and diversity of breeding birds communities. ss. 183-196. W: Functional appraisal of agricultural landscape in Europe; eds.: Ryszkowski L., Bałazy S., Research Center of Agricultural and Forest Environment PAS, Poznań.
- Kujawa K., 1996.** Wpływ struktury zadrzewień śródpolnych na zgrupowania ptaków lęgowych w krajobrazie rolniczym. ss. 83-90. W: Ekologiczne procesy na obszarach intensywnego rolnictwa; red.: Ryszkowski L., Bałazy S., Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań.
- Kujawa K., 1997.** The relationships between the structure of midfield hedges and breeding bird communities. Acta Oecologica, 32.
- Marcinek J., 1996.** Soils of the Turew agricultural landscape. ss. 19-26. W: Dynamics of an agricultural landscape; eds.: Ryszkowski L., French N., Kędziora A., PWRiL, Poznań.
- Margowski Z., 1970.** Stosunki wodne gleb małej zlewni kompleksowo zadrzewionej w rejonie stepowienia Wielkopolski. Roczniki WSR Poznań, 27.
- McPherson E. G., Simpson J. R., Peper P., Scott K. I., Xiao Q., 2000.** Tree Guidelines for Coastal Southern California Communities. Local Government Commission, Sacramento, California.
- Nisbet T., 2005.** Water Use by Trees. Forestry Commission Operation Note. April 2005.
- Rognerud B., Varum K., 1974.** The effect of shelter belts and irrigation on water use in a dry region. Nordic Hydrology, 5: 166-172.
- Ryszkowski L., 1975.** Przegląd badań wykonanych w Turwi na temat wpływu zadrzewień na środowisko przyległych pól. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 166: 71-82.
- Ryszkowski L., Bartoszewicz A., Marcinek J., 1990.** Bariery biogeochemiczne. ss. 167-181. W: Obieg wody i bariery

biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym; red.: Ryszkowski L., Marcinek J., Kędziora A., Wydawnictwo UAM Poznań.

Ryszkowski L., Karg J., 1991. The effect of the structure of agricultural landscape on biomass of insect of the above-ground fauna. *Ekologia Polska*, 39: 171-179.

Ryszkowski L., Kędziora A., 1987. Impact of agricultural landscape structure on energy flow and water cycling. *Landscape Ecology*, 1: 85-94.

Ryszkowski L., Marcinek J., Kędziora A. (red.), 1990. Obieg wody i bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym. ZBŚRiL PAN, Poznań, 187 ss.

Sizemskaya M., Sapanov M., Olovyannikova I., Sokolova T., 2002. The main results of agroforestry amelioration and desertification control in the Northern Caspian Semidesert Area in Russia. *Proceeding of 12th ISCO Conference Beijing, May 26–31*, ss. 599-601.

Węgorzek T., Rybicki R., 2006. Wpływ budowy zadrzewienia śródpolnego na kształtowanie się pokrywy śnieżnej. *Acta Agrophysica*, 7: 265-273.

Wilusz Z., 1956. Wpływ zadrzewień ochronnych na wilgotność gleb. *Stosunki klimatyczno-glebowe Wielkopolski. Zeszyty Problematyczne Postępów Nauk Rolniczych*, 7: 91-166.

Żarnowiecki G., 2008. Związki pomiędzy pokrywą śnieżną, a roślinnością na przykładzie łąk Białowieskiego Parku Narodowego. *Prace Geograficzne 216, IGiPZ PAN Warszawa*, 215 ss.

Życzyńska-Baloniak I., Szpakowska B., Ryszkowski L., 1996. Effect of biogeochemical barriers on migration of dissolved organic compounds in agricultural landscape. ss. 129-137. *W: Dynamics of an agricultural landscape*; eds.: Ryszkowski L., French N., Kędziora A., PWRiL, Poznań.

Z. Bernacki, J. Karg

FORMATION OF SNOW COVER IN THE NEIGHBOURHOOD OF MID-FIELD WOODLOTS

Summary

Widely known effect of microclimate being changed by shelterbelts and, on the other hand, intensive evapotranspiration of trees are the reason behind the influence of shelterbelts on water budget of soil. This paper gives evidence that water losses close to shelterbelts may be equalized by snow retention. Studies included 5 shelterbelts. The shelterbelts varied for width, height, density, species composition and structure. Accumulation of snow was dependent on some parameters of shelterbelts: age, height, density, and occurrence of shrub layer. In the case of dense shelterbelts snow was accumulated on the windward side, in the case of transparent on the leeward side, or inside of shelterbelt. The highest efficiency of snow accumulation was observed in the case of a 16 year-old mixed shelterbelt. Water retention by a 100 m long section of this shelterbelt was estimated at 498 m³ (23 dm³ m⁻²). Other shelterbelts accumulated from 119 to 162 m³ of water. Estimations of effect of water conservation as snow were supported by records of soil humidity after snowy winter. In the surface layer of soil (up to 5 cm) the soil moisture was the highest just near the shelterbelt and decreased linearly with increasing distance from the shelterbelt (up to 80 m).

key words: shelterbelts, snow cover, water retention