

Zimozioł północny *Linnaea borealis* L. w północnej części Niziny Południowopodlaskiej

The Twinflower (*Linnaea borealis* L.) in the northern part of the Południowopodlaska Lowland

Marek Tadeusz Ciosek*, Janusz Krechowski, Roman Sikorski, Agata Trębicka, Katarzyna Piórek

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Instytut Biologii, Zakład Botaniki, ul. B. Prusa 12, 08-110 Siedlce

*Tel. +48 25 6431225, e-mail: marek.ciosek@uph.edu.pl

Abstract. *Linnaea borealis*, the twinflower, is considered a critically endangered species in the Południowopodlaska Lowland. The disappearance of the twinflower is mainly caused by habitat changes resulting from forest management, but also light deficiency due to the increase in canopy cover and growth of the shrub layer (processes of succession).

The aim of the paper is to present the actual distribution and phytosociological characteristics of *L. borealis* in the northern part of the Południowopodlaska Lowland. In this region, only three out of ten known areas of occurrence (Werchliś, Serpelice, Grala-Dąbrowizna) have endured to the present day. The twinflower occurs in pine forest, *Peucedano-Pinetum*, and mixed forest, *Quercus robur-Pinetum*, communities.

A decrease in the ground cover of twinflower populations was observed in all existing twinflower locations. Although the area covered by the *Linnaea borealis* population in Werchliś increased tenfold during the last 20 years (from about 200 m² in 1993 to 1970 m² in 2013), its cover-abundance according to the Braun-Blanquet scale decreased from 5 to 3. The increase in the area covered by the twinflower population together with the accompanying decrease in cover-abundance is probably not a manifestation of species dynamics but rather a response to disadvantageous environmental changes (growth of canopy cover and shrub layer). Progressive light reduction can initiate the process of fragmentation of a population.

A decrease in the cover-abundance of the *L. borealis* population (from 4 to 2) was also observed in Serpelice. Its area was reduced to half of its original size due to anthropogenic destruction of this location. In the third region, Grala-Dąbrowizna, also the negative effects of competitive species (e.g. *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) are considered.

Keywords: *Linnaea borealis*, distribution, phytosociology, Południowopodlaska Lowland

1. Wstęp

Zimozioł północny *Linnaea borealis* L. należy do reliktywów późnoglacialnych. Przez Czubińskiego (1950) traktowany jest jako element subarktyczny borealno-górsko-kontynentalny, natomiast Meusel (1943) zalicza go do gatunków borealno-górskich, związanych z klimatem kontynentalnym. Zasięg zimoziołu to północna Europa, Azja i część Ameryki Północnej. Na terenie Polski gatunek osiąga południową granicę zasięgu. Zajac i Zajac (2001) wymieniają 233 stanowiska zimoziołu na terenie Polski, skupione głównie w północnej części kraju oraz na Lubelszczyźnie (Roztoczu). Na niektórych stanowiskach gatunek ten traktowany jest jako pseudorelikt (gatunek reliktowy, rozwijający się na nowych stanowiskach, przekształconych przez człowieka) rozprzestrzeniający się zoochorycznie – jego nasiona są roznoszone przez ptaki (Czubiński 1950; Zaręba 1986; Browicz, Gostyńska-Jakuszczyńska 1966; Król 1977).

Linnaea borealis jest gatunkiem charakterystycznym dla acydofilnych borów z klasy *Vaccinio-Piceetea* oraz – regionalnie – dla zespołu nadmorskiego boru bażynowego *Empetro nigri-Pinetum* (Matuszkiewicz 2006). W Polsce środkowo-wschodniej najczęściej występuje w świeżych borach sosnowych (*Peucedano-Pinetum*, *Leucobryo-Pinetum*) oraz borach mieszanych świeżych (*Pino-Quercetum*). Według Zielińskiego (1962) w Puszczy Kozienickiej występuje także w grądzie typowym z udziałem jodły.

Zimozioł północny należy do gatunków silnie zagrożonych w wielu regionach Polski, toteż objęty jest ochroną ścisłą (Rozporządzenie Ministra Środowiska 2012). Za gatunek wymarły (kategoria RE) jest uznawany na terenie woj. opolskiego (Nowak et al. 2008), w północnej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (Hereźniak 2002) oraz na Dolnym Śląsku (Kącki et al. 2003). Na obszarze Niziny Południowopodlaskiej (Głowacki et al. 2003), w Wielkopolsce (Jackowiak et al. 2007) oraz

Wpłynęło: 24.06.2014 r., recenzowano: 7.08.2014 r., zaakceptowano: 18.09.2014 r.

w Karpatach Polskich (Piękoś-Mirkowa H. 2008) należy do gatunków krytycznie zagrożonych – CR. W Krainie Świętokrzyskiej jest gatunkiem wymierającym – E (Bróz 1990), na Lubelszczyźnie zagrożonym wyginięciem – EN (Kucharczyk, Wójciak 1995). Zimozioł oraz niewielka grupa gatunków chronionych i zagrożonych (m.in. *Cypripedium calceolus*, *Adenophora liliifolia*, *Liparis loeselii*) zostały objęte monitoringiem przez Zakład Botaniki Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Monitoring prowadzony jest od roku 2005.

Podczas badań nad florą okolic Siedlec znaleziono nowe stanowisko zimoziołu północnego w pobliżu Grali-Dąbrowizny gm. Skórzec, w lasach prywatnych nadzorowanych przez Nadleśnictwo Siedlce, obręb 10 Grali-Dąbrowizny.

Celem pracy jest prezentacja aktualnego rozmieszczenia oraz charakterystyki fitosocjologicznej istniejących stanowisk *L. borealis* na terenie północnej części Niziny Południowopodlaskiej.

2. Teren i metody badań

Badania prowadzono w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (Trampler et al. 1990), w mezoregionach: Wysoczyzna Siedlecka, Podlaski Przełom Bugu, Obniżenie Węgrowskie, Równina Łukowska i Wysoczyzna Kałuszyńska. Stanowią one lekko falistą wysoczyznę o wysokościach bezwzględnych wahających się od 150 do 200 m n.p.m. Rzeźbę terenu urozmaicają ostańce wzgórz morenowych, kemy i ozy powstałe w okresie zlodowacenia warciańskiego (Kondracki 2013). Klimat charakteryzuje się średnią temperaturą roczną około 7,0°C (niższą o 1°C niż na obszarach położonych bardziej na zachód) oraz roczną sumą opadów około 550 mm.

W 2013 r. podczas badań terenowych dokonano weryfikacji stanowisk literaturowych. Przeprowadzono również eksplorację florystyczną potencjalnych siedlisk gatunku na terenach sąsiednich.

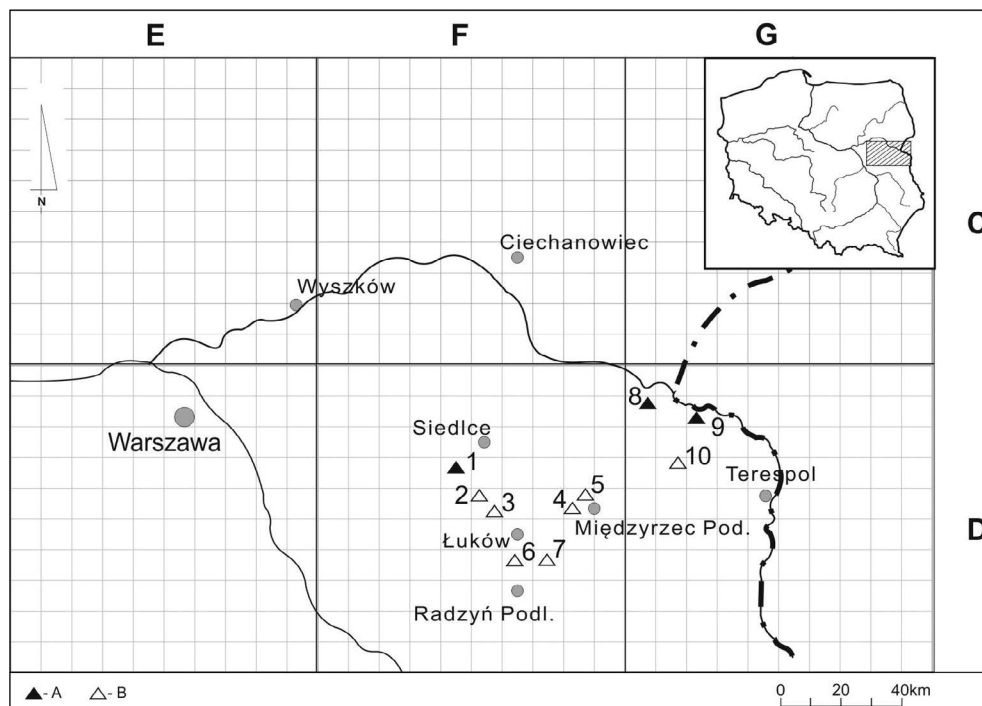
W obrębie stanowisk, na których potwierdzono występowanie *L. borealis*, wykonano po jednym zdjęciu fitosocjologicznym ogólnie przyjętą metodą Braun-Blanqueta (Braun-Blanquet 1964). Powierzchnia zdjęć wynosiła 100–400 m², w zależności od wielkości płatu. Notowano zwarcie poszczególnych warstw roślinności i pokrycie poszczególnych gatunków. Określono przynależność gatunków do jednostek fitosocjologicznych, co umożliwiło sprecyzowanie charakterystyki fitosocjologicznej stanowisk. Oszacowano również powierzchnię zajęta przez populację. Dane dotyczące powierzchni i składu gatunkowego stanowisk porównano z materiałami literaturowymi sprzed około 20 lat.

Nowe stanowisko *L. borealis* w Grali-Dąbrowiznie skartowano w skali 1:50. Zaznaczono drzewa poszczególnych gatunków, zasięg gatunków konkurencyjnych (borówka czarna i brusznica) oraz plamy świetlne.

Nomenklaturę gatunków roślin naczyniowych przyjęto za Mirkiem i in. (2002), mchów za Ochyry i in. (2003), a ich przynależność fitosocjologiczną za Matuszkiewiczem (2005).

3. Wyniki

Występowanie *L. borealis* potwierdzono na trzech spośród 10 stanowisk znanych z terenu Niziny Południowopodlaskiej, w pobliżu miejscowości: Grala-Dąbrowizna, Serpelice, Werchliś (ryc. 1). Ogólną charakterystykę stanowisk zimoziołu przedstawiono w tabeli 1.



Rycina 1. Rozmieszczenie stanowisk *Linnaea borealis* w północnej części Niziny Południowopodlaskiej na tle siatki kwadratów ATPOL (10×10 km, wg Zajac A., Zajac M. 2001). A – stanowisko istniejące, B – stanowisko niepotwierdzone. 1 – Grala-Dąbrowizna, 2 – Domanice, 3 – Klimki, 4 – Jelnica, 5 – Międzyrzec Podlaski, 6 – Ciężkie, 7 – Bedlne, 8 – Serpelice, 9 – Werchliś, 10 – Hrud

Figure 1. Distribution of *Linnaea borealis* in the northern part of the Południowopodlaska Lowland against a background of the ATPOL grid squares (10x10 km, according to Zajac A., Zajac M. 2001). A – existing stations, B – not confirmed stations. 1 – Grala-Dąbrowizna, 2 – Domanice, 3 – Klimki, 4 – Jelnica, 5 – Międzyrzec Podlaski, 6 – Ciężkie, 7 – Bedlne, 8 – Serpelice, 9 – Werchliś, 10 – Hrud.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka stanowisk *Linnaea borealis* na Nizinie PołudniowopodlaskiejTable 1. General characteristics of *Linnaea borealis* stations in the Południowopodlaska Lowland

Nr stan. No. of stand	Nadleśnictwo Forest district	Miejscowość Locality	ATPOL ATPOL square	Pow. (m ²) 2013 r Area (m ²) 2013	Zbiorowisko Community	Źródło informacji Source of information
1	Siedlce	Grała- Dąbrowizna	FD34	120	<i>Peucedano-Pinetum</i>	leg. Sikorski 2013
2	Łuków	Klimki	FD45	nie potwierdzono	b.d.	leg. Fijałkowski 1973
3	Łuków	Domanice	FD45	nie potwierdzono	<i>Quercus roboris-Pinetum</i>	Sokołowski 1961
4	Międzyrzec Podlaski	Jelnica	FD48	nie potwierdzono	b.d.	leg. Fijałkowski 1968
5	Międzyrzec Podlaski	Międzyrzec Podlaski	FD48	nie potwierdzono	b.d.	Eichler 1883
6	Łuków	Ciężkie gm. Wojcieszków	FD66	nie potwierdzono	b.d.	leg. Fijałkowski 1967
7	Radzyń Podlaski	Bedlne	FD67	nie potwierdzono	b.d.	leg. Fijałkowski 1975
8	Sarnaki	Serpelice	GD10	91,4	<i>Peucedano-Pinetum</i>	Ciosek 1998
9	Biała Podlaska	Werchliś	GD12	1970	<i>Quercus roboris-Pinetum</i>	Marciniuk, Wierzba 1996
10	Biała Podlaska	Hrud	GD31	nie potwierdzono	<i>Peucedano-Pinetum</i>	leg. Fijałkowski 1962; potw. Ciosek 1998

Mimo wieloletnich poszukiwań nie udało się odnaleźć stanowisk zimoziołu w okolicach Międzyrzecza Podlaskiego (Eichler 1883, leg. Fijałkowski 1968) oraz w lasach Nadleśnictwa Łuków (Sokołowski 1961, leg. Fijałkowski 1973). Prawdopodobnie zaginęło także stanowisko w Hrudzie, Nadleśnictwo Biała Podlaska (leg. Fijałkowski 1962), potwierdzone przez Cioska (1998). W roku 2005 zaobserwowano kilkanaście pędów zimoziołu, a w roku 2013 gatunku już nie odnaleziono. Nie potwierdzono stanowisk gatunku w okolicach miejscowości Bedlne koło Radzyna Podlaskiego (leg. Fijałkowski 1975) oraz Ciężkie w gminie Wojcieszków (leg. Fijałkowski 1967).

Największą powierzchnię (1970 m²) zajmowała populacja *L. borealis* koło miejscowości Werchliś. Stanowisko położone jest na północ od tej miejscowości (52°11'44,70"N, 23°17'13,93"E), w kwadracie ATPOL GD12, nie GD22 – jak podano w atlasie rozmieszczenia roślin (Zajac, Zajac 2001). Drzewostan o niewielkim zwarcu (a₁ – 40%, a₂ – 20%) buduje *Pinus sylvestris* i *Quercus robur* (tab. 2). W warstwie krzewów o zwarcu 50% dominował *Q. robur* z domieszką: *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*, *P. serotina* i *Corylus avellana*. W warstwie runa dominowały *L. borealis* (pokrycie 3), *Festuca ovina*, *Luzula pilosa* i *Vaccinium myrtillus* (pokrycie 1). Fragmenty stanowiska były pokryte przez zwarte płaty widłaka jałowcowatego (*Lycopodium annotinum*), gruszniki jednostronnej (*Orthilia secunda*) i jeżyn (*Rubus* sp.). W warstwie mchów dominowały *Pleurozium schreberii* i *Hylocomium splendens*. Łącznie w zdjęciu zanotowano 26 gatunków roślin. Obecność dębu we wszystkich warstwach zbiorowiska oraz czeremchy zwyczajnej i leszczyny w warstwie krzewów świadczy o stosunkowo wysokiej

żywności siedliska i pozwala zakwalifikować opisywany fragment lasu jako siedlisko kontynentalnego boru mieszanego *Quercus roboris-Pinetum*.

Na stanowisku tym zaszły największe zmiany wynikające z procesów naturalnej sukcesji. Zwarcie warstwy drzew i krzewów wzrosło z 40 do 50%, pojawiły się też zacieniające stanowisko zimoziołu okazy jeżyn *Rubus* sp. (zwarcie 2). Po raz pierwszy odnotowano obecność zwartych płatów widłaka jałowcowatego *L. annotinum* i borówki czarnej *V. myrtillus*. Gatunki te mogą konkurować z płatami zimoziołu.

Znacznie mniejsze były płaty zimoziołu północnego w okolicach miejscowości: Grała-Dąbrowizna – 120 m² i Serpelice – 91,4 m².

Stanowisko w Grałi-Dąbrowiznie (52°05'17,61"N, 22°06'53,31"E) zlokalizowane jest w obrębie boru świeżego, z drzewostanem o zwarcu warstwy a₁ – 40% oraz a₂ – 20%. Warstwę a₁ budowała *P. sylvestris*, a warstwę a₂ – *P. sylvestris* i *Q. robur*. W warstwie krzewów o zwarcu 40% dominował *Q. robur* (pokrycie 3) z niewielkim udziałem *Frangula alnus* i *Juniperus communis*. W runie dominowała *L. borealis* (zwarcie 5). Ponadto znaczny udział w pokryciu warstwy c miały takie gatunki, jak: *V. myrtillus* (pokrycie 3), *V. vitis-idaea* (2) i *Melampyrum pratense* (1). Brak było gatunków charakterystycznych dla niższych jednostek fitosocjologicznych, jednak w jego bliskim otoczeniu zanotowano kilka gatunków charakterystycznych i wyróżniających zespół *Peucedano-Pinetum* (*Peucedanum oreoselinum*, *Solidago virgaurea*, *Polygonatum odoratum*). W związku z tym opisywany fragment kompleksu leśnego zakwalifikowano do tego zespołu. W warstwie mchów (zwarcie 30%) dominowały: *Pleurozium schreberii* i *Hylocomium splendens*. Łącznie w zdjęciu zanotowano 22 gatunki roślin.

Tabela 2. Charakterystyka fitosocjologiczna stanowisk *Linnaea borealis* na Nizinie Południowopodlaskiej (dane z lat 1993 i 1996 wg autorów)Table 2. Phytosociological characteristic of *Linnaea borealis* stations in the Południowopodlaska Lowland (data from 1993 and 1996 according to the authors)

Miejscowość Locality		Grala-Dąbrowizna	Serpelice		Werchliś	
Data / date		14.06.2013	24.05.96	10.07.2013	09.1993	10.07.2013
Powierzchnia platu (m²) / area of plot (m²)		ok.120	ok. 200	91,4	ok. 200	1970
Zwarcie warstwy a (%) / cover of layer a (%)		30	60	50	40	50
Zwarcie warstwy a₁ (%) / cover of layer a₁ (%)		30	30	50	40	40
Zwarcie warstwy a₂ (%) / cover of layer a₂ (%)		10	40	20	-	20
Zwarcie warstwy b (%) / cover of layer b (%)		40	50	50	40	50
Zwarcie warstwy c (%) / cover of layer c (%)		90	80	70	100	70
Zwarcie warstwy d (%) / cover of layer d (%)		30	100	60	40	60
Powierzchnia zdjęcia (m²) / area of relevé (m²)		100	100	100	100	400
Liczba gatunków / number of species		22	34	34	13	26
Drzewa i krzewy / trees and shrubs						
<i>Pinus sylvestris</i>	a ₁	2	3	3	3	3
<i>Pinus sylvestris</i>	a ₂	1	2	2		1
<i>Pinus sylvestris</i>	b		1		1	
<i>Pinus sylvestris</i>	c	+	+			
<i>Quercus robur</i>	a ₂	1	1	2		2
<i>Quercus robur</i>	b	3	2	2	2	3
<i>Quercus robur</i>	c	2	+	1	+	+
<i>Betula pendula</i>	a ₂		1	1		
<i>Betula pendula</i>	b			2		1
<i>Betula pendula</i>	c	+				
<i>Populus tremula</i>	a ₂		1	+		
<i>Populus tremula</i>	b		1	+		
<i>Populus tremula</i>	c		+	+	+	1
<i>Juniperus communis</i>	b	1	2	1		1
<i>Juniperus communis</i>	c		1	1		1
<i>Frangula alnus</i>	b	1				
<i>Frangula alnus</i>	c	1	+	+		
<i>Malus sylvestris</i>	b		1			
<i>Malus sylvestris</i>	c		+	+		
<i>Sorbus aucuparia</i>	b			1	1	1
<i>Sorbus aucuparia</i>	c		+	+		+
<i>Euonymus verrucosus</i>	b		1	1		
<i>Salix caprea</i>	b		1			
<i>Padus avium</i>	b			2		1
<i>Padus serotina</i>	b					1
<i>Corylus avellana</i>	b					1
Ch. D. Vaccinio-Piceetea						
<i>Linnaea borealis</i>	c	5	4	2	5	3
<i>Hylocomium splendens</i>	d	2	4	2	2	2
<i>Pleurozium schreberii</i>	d	2	4	3	2	3
<i>Vaccinium myrtillus</i>	c	3	3	2		1

Miejscowość Locality		Grala-Dąbrowizna	Serpelice		Werchliś	
Data / date		14.06.2013	24.05.96	10.07.2013	09.1993	10.07.2013
<i>Orthilia secunda</i>	c		1	2	1	2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	c	2	2	1		
<i>Melampyrum pratense</i>	c	1	1	1		
<i>Trientalis europaea</i>	c	r	1	1		
<i>Rubus saxatilis</i>	c	+	r	+		
<i>Luzula pilosa</i>	c	+		1		2
<i>Solidago virgaurea</i>	c		+	+		+
<i>Dicranum undulatum</i>	d		1	1		
<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i>	c		1	+		
<i>Chimaphila umbellata</i>	c		+	1		
<i>Moneses uniflora</i>	c		+	(r)		
<i>Lycopodium annotinum</i>	c					3
Gatunki towarzyszące / accompanying sp.						
<i>Festuca ovina</i>	c	+	+	2	3	3
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	c	+	1	+	+	+
<i>Hieracium murorum</i>	c		r	+	+	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	c	+	+	1		
<i>Deschampsia flexuosa</i>	c		+	+		+
<i>Dryopteris carthusiana</i>	c		r	1		+
<i>Agrostis capillaris</i>	c	+	+			
<i>Fragaria vesca</i>	c		1	1		
<i>Viola canina</i>	c		r	+		
<i>Polytrichum juniperinum</i>	d				1	1
<i>Hieracium lachenalii</i>	c				+	+
<i>Carex ericetorum</i>	c	+				
<i>Hieracium pilosella</i>	c	+				
<i>Rumex acetosa</i>	c	+				
<i>Hypochoeris radicata</i>	c	r				
<i>Polytrichum commune</i>	d		1			
<i>Knautia arvensis</i>	c			1		
<i>Rubus sp.</i>	c					2
<i>Conyza canadensis</i>	c					r

Stanowisko w Serpelicach (52°17'12,47"N, 23°02'43,90"E) znajduje się na terenie boru świeżego *Peucedano-Pinetum*. W drzewostanie o zwarcie 50% warstwę a₁ budowała *P. sylvestris* (pokrycie 3), natomiast warstwę a₂ – *Q. robur*, *P. sylvestris* i *B. pendula*. W warstwie krzewów o zwarcie 50% dominowały *Q. robur*, *P. avium* i *B. pendula* (pokrycie 2), mniejszy był udział *J. communis*, *S. aucuparia* i *Euonymus verrucosus*. W runie oprócz *L. borealis* (zwarcie 2) największe pokrycie miały: *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Orthilia secunda*, *Festuca ovina*, *Melampyrum pratense* i *Luzula pilosa*. Z gatun-

ków charakterystycznych i wyróżniających zespół *Peucedano-Pinetum* zanotowano: pomocnik baldaszkowy *Chimaphila umbellata* i nawłóć pospolitą *S. virgaurea*, a w bliskim sąsiedztwie płatu również: gorysz pagórkowy *P. oreoselinum* i kokoryczkę wonną *P. odoratum*. W warstwie mchów o zwarcie 60% dominowały: *P. schreberii* i *H. splendens*. Łącznie w zdjęciu zanotowano 34 gatunki roślin.

Wszystkie trzy opisywane stanowiska sąsiadują z rzadko użytkowanymi drogami śródleśnymi. Na każdym z nich ziemiół kwitnie. Nie stwierdzono okazów owocujących.

W Grali-Dąbrowiznie zimoziół północny osiągał pełne zwarcie (pokrycie 90–100%) na powierzchni nasłonecznionej (jasne kwadraty na mapie). W miejscach zacienionych udział gatunku był znacznie mniejszy (pokrycie 40–60%). Konkurencyjne gatunki runa, takie jak: *V. myrtillus* i *V. vitis-idaea*, mogą niekorzystnie wpływać na populację zimoziółu (ryc. 2). Potwierdzenie takiego oddziaływania między gatunkami możliwe byłoby jednak dopiero po przeprowadzeniu długoletnich badań populacyjnych.

4. Dyskusja

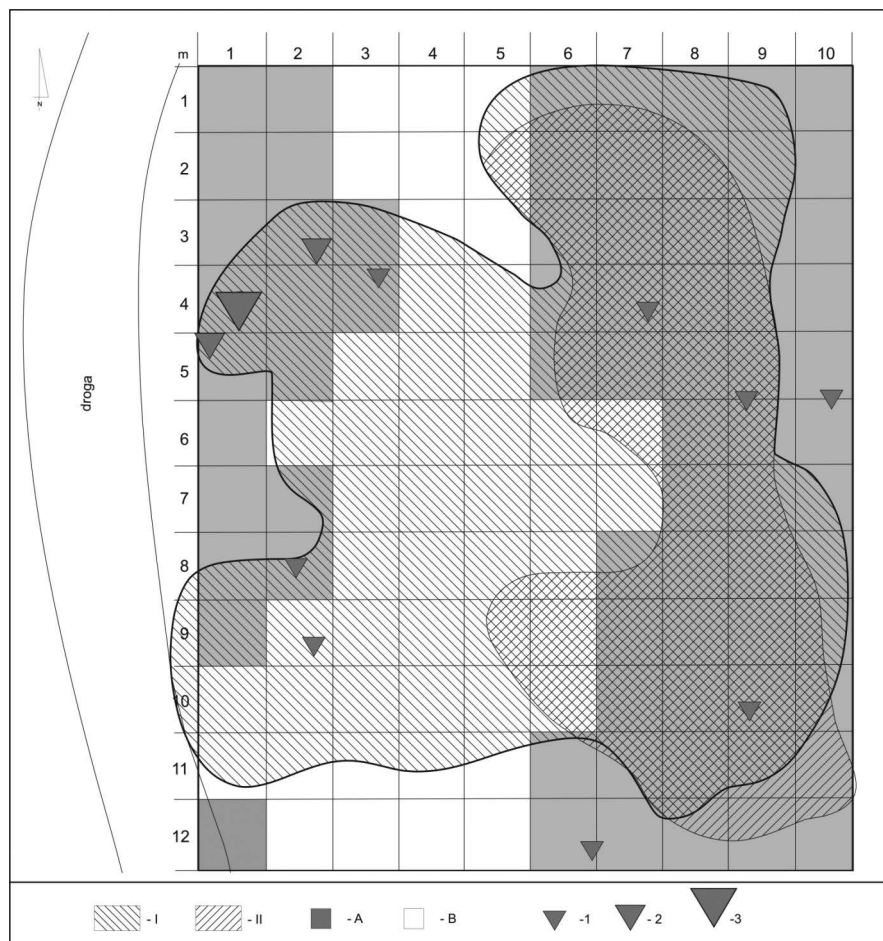
Spośród 10 stanowisk *L. borealis* podawanych z Niziny Południowopodlaskiej do chwili obecnej zachowały się tylko opisywane trzy. Nie potwierdzono stanowisk w okolicach Białej Podlaskiej, Międzyrzecza Podlaskiego, Łukowa, Wojcieszkowa i Radzyna Podlaskiego. Ginią również populacje położone bezpośrednio na północ od terenu badań (prawobrzeżna Dolina Bugu): na stanowisku w Wyszkowie (Czarnota 1973) przeprowadzono zrzęb zupełny. W roku 1990 znaleziono tam kilka okazów, natomiast w roku 1992 gatunku nie odnaleziono. W Puszczy Białowieskiej Sokołowski (1995) odnalazł tylko jedno stanowisko zimoziółu na trzy podawane wcześniej. Potwierdzenia wymaga również niepublikowane stanowisko

w Pobikrach (leg. Głowacki 1993). W Polsce środkowej (woj. łódzkiej) gatunek przetrwał w sześciu lokalizacjach, spośród 10 podawanych wcześniej (Jakubowska-Gabara, Kurowski 2012).

Istniejące stanowiska zimoziółu zlokalizowane są w borach świeżych (*Peucedano-Pinetum*) i kontynentalnych borach mieszanych (*Quercu roboris-Pinetum*), zbiorowiskach stanowiących typowe miejsce występowania gatunku (Matuszkiewicz 2008; Piękoś-Mirkowa, Mirek 2003).

W ciągu ostatnich 20 lat areal populacji *L. borealis* koło miejscowości Werchliś powiększył się dziesięciokrotnie, z około 200 m² w roku 1993 (Marciniuk, Wierzba 1996) do 1970 m² w roku 2013. Jest to obecnie jedno z największych stanowisk w Polsce. Nawet w centrum zasięgu gatunku (Puszcza Nidzicka) powierzchnia jego płatów nie przekracza 900 m² (Środa, Dąbrowski 1999).

Przyczyną zanikania stanowisk zimoziółu północnego są przede wszystkim zmiany siedliskowe związane z gospodarką leśną oraz procesy sukcesyjne. Jednym z najważniejszych czynników ekologicznych wpływających na kondycję populacji *L. borealis* jest dostępność światła (Browicz, Gostyńska-Jakuszczyńska 1966; Głazek 1969; Niva 2003; Worrell, Dunlop 2003; Niva et al. 2006). Liczne badania (Traczyk 1967; Głazek 1969; Izdebski et al. 1988; Lorens 1993) wskazują na to, że zimoziół przejawia ekspansję



Rycina 2. Kartogram stanowiska *Linnaea borealis* w Grali-Dąbrowiznie. I – *Linnaea borealis*, II – *Vaccinium myrtillus* i *Vaccinium vitis-idaea* ; 1 – drzewo o średnicy < 20 cm, 2 – drzewo o średnicy 21–40 cm, 3 – drzewo o średnicy 41–60 cm; A – powierzchnia zacieniona, B – powierzchnia niezacieniona
Figure 2. Cartogram of *Linnaea borealis* station in Grala-Dąbrowizna. I – *Linnaea borealis*, II – *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea*; 1 – tree of diameter < 20 cm, 2 – tree of diameter 21–40 cm, tree of diameter 41–60 cm; A – shaded area, B – sunny area

sję w kierunku miejsc umiarkowanie nasłonecznionych, ale nie w pełni odkrytych. Stąd liczne stanowiska gatunku przy drogach leśnych lub liniach oddziaływowych. Zimozioł unika miejsc zacienionych. O niekorzystnym wpływie krzewów na kondycję zimoziołu piszą m.in. Izdebski i in. (1988) oraz Jakubowska-Gabara i Kurowski (2012). W przypadku gorszych warunków świetlnych jego pokrycie zmniejsza się, populacja ulega rozerwaniu, co sprzyja podziałowi stanowiska i powstawaniu małych enklaw. Fijałkowski (1994) pisze, że końcowym efektem tych zmian może być zanik stanowiska. W Werchlisiu w ciągu ostatnich 20 lat, na skutek wzrostu zwarcia warstwy drzew i krzewów, ograniczony został dostęp światła do warstwy runa. Wprawdzie nie doszło jeszcze do fragmentacji stanowiska, ale w okresie tym pokrycie zimoziołu zmniejszyło się z 5 do 3, co może być początkiem opisanego procesu. Populacja rozprzestrzenia się w kierunku południowym, gdzie panują lepsze warunki świetlne (droga śródleśna).

Piękoś-Mirkowa i Mirek (2003) twierdzą, że wahania powierzchni stanowisk zimoziołu mogą być również związane z okresową lub trwałą zmiennością warunków siedliskowych, sugerując, że w latach suchych powierzchnia populacji zimoziołu zmniejsza się, a w latach wilgotnych wyraźnie się powiększa. Przeczą temu wyniki badań Głazka (1969), Traczyka (1967) i Króla (1977), wskazujące na to, że lata suche i wilgotne nie wpływają na kondycję zimoziołu i wielkość jego stanowisk.

Na stanowisku w Werchlisiu w warstwie krzewów odnotowano silnie ekspansywny gatunek – czeremchę amerykańską *P. serotina*. Stanowi ona czynnik potencjalnie zagrażający stanowisku zimoziołu. Szybko opanowuje podszyt oraz niższe warstwy drzewostanu, utrudniając naturalne odnowienie lasu i eliminując gatunki runa (Dajdok et al. 2007; Tokarska-Guzik et al. 2012).

Stanowisko w Serpelicach uległo zmniejszeniu z około 200 m² w roku 1996 do 91,4 m² w 2013 r. We wschodniej części stanowiska znajduje się duży głąz narzutowy, wcześniej ze wszystkich stron obrośnięty zimoziołem. Aktualnie zimozioł nie występuje po jego wschodniej stronie. Przyczyną są prawdopodobnie próby pozyskania głązu. Zmniejszenie pokrycia zimoziołu (z 4 na 2) zaobserwowano również na pozostałej części stanowiska. W związku ze stabilnymi warunkami świetlnymi zmiana ta przypuszczalnie ma podłoże antropogeniczne.

W Grali-Dąbrowiznie, na powierzchni nasłonecznionej, zimozioł północny występował obficie (pokrycie 5). W miejscach bardziej zacienionych udział gatunku był mniejszy. Można przypuszczać, że konkurencyjne gatunki runa, takie jak: *V. myrtillus* i *V. vitis-idaea* wpływają w sposób ograniczający na populację zimoziołu. Celowe wydaje się podjęcie metodycznych badań w tym zakresie.

Na wszystkich stanowiskach zimozioł kwitnie. Nie zaobserwowano jego owocowania, które w Polsce jest zjawiskiem rzadkim. Okazy owocujące znaleźli Stecki i Przybylski (1957) oraz Biernacki (1962) na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego.

Razem z Nadleśnictwem Siedlce podjęto starania o ochronę nowego stanowiska w Grali-Dąbrowiznie w formie pomnika przyrody. W dalszym ciągu, mimo wielokrotnych monitów, nie jest chronione stanowisko w Serpelicach. Wszystkie istniejące stanowiska *L. borealis* objęto monitoringiem (badania biometryczne i siedliskowe).

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Liczba istniejących stanowisk *L. borealis* na terenie Niziny Południowopodlaskiej zmniejsza się. Spośród 10 stanowisk tego gatunku znanych z terenu północnej części Niziny Południowopodlaskiej do chwili obecnej zachowały się tylko trzy.

2. Na potwierdzonych stanowiskach historycznych populacje zimoziołu północnego zmniejszają swoje pokrycie. Na stanowisku w Werchlisiu jest to prawdopodobnie skutkiem pogorszenia warunków świetlnych, a na stanowisku w Grali-Dąbrowiznie konkurencji ze strony takich gatunków jak *V. myrtillus* czy *V. vitis-idaea*.

3. Zwiększenie powierzchni zajmowanej przez populację zimoziołu północnego wydaje się być raczej odpowiedzią na niekorzystne dla gatunku zmiany w środowisku niż wskazywać na tendencję wzrostu liczebności populacji. Na stanowisku koło wsi Werchliś, gdzie w ciągu ostatnich 20 lat populacja zwiększyła zajmowany areal niemal dziesięciokrotnie (w chwili obecnej zalicza się do największych w Polsce), jednocześnie obserwowano zmniejszenie pokrycia gatunku. Jest to prawdopodobnie skutkiem pogorszenia warunków świetlnych i może być początkiem procesu fragmentacji stanowiska.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania zostały sfinansowane przez Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach w ramach tematu statutowego 65/94/S.

Autorzy dziękują Recenzentom za cenne uwagi, które zostały wykorzystane podczas przygotowywania ostatecznej wersji artykułu.

Literatura

- Biernacki A. 1962. Nowe stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* L. w południowej Wielkopolsce. *Przyroda Polski Zachodniej* 6: 67–70.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Wien-New York, Springer Verlag.

- Browicz K., Gostyńska-Jakuszczyńska M. 1966. *Linnaea borealis* L., w: Atlas rozmieszczenia drzew i krzewów w Polsce, 5 (red. S. Białołobok, Z. Czubiński). Warszawa, PAN, Zakład Dendrologii i Arborretum Kórnickie, s. 21–24.
- Bróz E. 1990. Lista wymierających i zagrożonych gatunków roślin naczyniowych Krainy Świętokrzyskiej. *Rocznik Świętokrzyski* 17: 97–105.
- Ciosek M. 1998. Zimozioł północny *Linnaea borealis* na terenie Parku Krajobrazowego Podlaski Przełom Bugu. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 54(6): 112–114.
- Czarnota K. 1973. Stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* i barwinka pospolitego *Vinca minor* w Puszczy Białej na Mazowszu. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 29(2): 69–70.
- Czubiński Z. 1950. Z zagadnień geobotanicznych Pomorza Zachodniego. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią* 2(4): 439–658.
- Dajdok Z., Krzysztofiak A., Krzysztofiak L., Romański M., Śliwiński M. 2007. Rośliny inwazyjne w Wigierskim Parku Narodowym. Krzywe, Wigierski Park Narodowy. <http://www.wigrywin.pl/inwazyjneWPN.pdf> [14.05.2014].
- Eichler B. 1883. Spis roślin jawnopłciowych rosnących w okolicach Międzyrzecza położonego w guberni Siedleckiej, w powiecie Radzyńskim. *Pamiętnik Fizyograficzny* 3: 318–329.
- Fijałkowski D. 1994. Flora roślin naczyniowych Lubelszczyzny, t. 1 i 2. Lublin, Lubelskie Towarzystwo Naukowe. ISBN 83-85491-45-7, 83-84191-48-1.
- Głazek T. 1969. Ekologiczna charakterystyka stanowisk *Linnaea borealis* L. w lasach Nadleśnictwa Ćmielów (Przygórze Iłżeckie). *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 15(3): 333–343.
- Głowacki Z., Falkowski M., Krechowicki J., Marciniuk J., Marciniuk P., Nowicka-Falkowska K., Wierzba M. 2003. Czerwona lista roślin naczyniowych Niziny Południowopodlaskiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 59(1): 5–41.
- Hereźniak J. 2002. Regionalna lista wymarłych i zagrożonych gatunków roślin naczyniowych północnej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. *Acta Universitatis Lodzianae, Folia Biologica et Oecologica* 1: 39–63.
- Izdebski K., Lipiec W., Lorens B., Popiołek Z. 1988. Ekologiczna ocena stanowisk *Linnaea borealis* L. w Roztoczańskim Parku Narodowym. *Annales UMCS, Ser. C* 43(11): 147–160.
- Jackowiak B., Celka Z., Chmiel J., Latowski K., Żukowski W. 2007. Red list of vascular flora of Wielkopolska (Poland). *Biodiversity, Research and Conservation* 5-8: 95–127.
- Jakubowska-Gabara J., Kurowski J.K. 2012. *Linnaea borealis* L., w: Czerwona księga roślin województwa łódzkiego. Zagrożone rośliny naczyniowe. Zagrożone zbiorowiska roślinne (red. R. Olaczek). Łódź, Ogród Botaniczny w Łodzi, Uniwersytet Łódzki, s. 128–129. ISBN 978-83-920604-4-4.
- Kącki Z., Dajdok Z., Szczęśniak E. 2003. Czerwona lista roślin naczyniowych Dolnego Śląska, w: Zagrożone gatunki flory naczyniowej Dolnego Śląska (red. Z. Kącki). Wrocław, Instytut Biologii Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego, PTPP „pro Natura”, 19–56. ISBN 8391962601.
- Kondracki J. 2013. Geografia regionalna Polski, Warszawa, PWN. ISBN 9788301160227.
- Król S. 1977. Zimozioł północny (*Linnaea borealis* L.) na nowym stanowisku koło Opatowa w powiecie kępińskim. *Roczniki Dendrologiczne* 30: 75–82.
- Kucharczyk M., Wójciak J. 1995. Ginące i zagrożone gatunki roślin naczyniowych Wyżyny Lubelskiej, Roztocza, Wołyń Zachodniego i Polesia Lubelskiego. *Ochrona Przyrody* 52: 33–46.
- Lorens B. 1993. Nowe stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* L. w Roztoczańskim Parku Narodowym. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody* 12(1): 49–54.
- Marciniuk P., Wierzba M. 1996. Nowe stanowisko *Linnaea borealis* (*Caprifoliaceae*) w województwie białkopodlaskim na tle występowania gatunku w centralnej i wschodniej części Nizin Środkowopolskich. *Fragmenta Floristica et Geobotanica, Ser. Polonica*, 3: 99–102.
- Matuszkiewicz J. M. 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski, Warszawa, PWN. ISBN 83-01-14439-4.
- Meusel H. 1943. Vergleichende Arealkunde. Berlin.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M. 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist, Biodiversity of Poland, 1, Kraków, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 442 s. ISBN 83-85444-83-1.
- Niva M. 2003. Life history strategies in *Linnaea borealis*. Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala University, Uppsala. ISBN 91-554-5754-1.
- Niva M., Svensson B. M., Karlsson P. S. 2006. Effects of light and water availability on shoot dynamics of the stoloniferous plant *Linnaea borealis*. *Ecoscience* 13(3): 318–323.
- Nowak A., Nowak S., Spałek K. 2008. Red list of vascular plants of Opole province. *Opole Scientific Society Nature Journal* 41: 141–158.
- Ochyra R., Żarnowiec J., Bednarek-Ochyra H. 2003. Census catalogue of Polish mosses. Katalog mchów Polski. Biodiversity of Poland, 3. Kraków, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences. ISBN 83-85444-84-X.
- Piękoś-Mirkowa H., Mirek Z. 2003. Flora Polski. Atlas roślin chronionych. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa. ISBN 83-7073-256-9.
- Piękoś-Mirkowa H. 2008. Zimozioł (*Linnaea*) północny, w: Czerwona Księga Karpat Polskich. Rośliny naczyniowe (red. Z. Mirek, H. Piękoś-Mirkowa). Kraków, Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, s. 294–295. ISBN 978-83-89648-71-6.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 stycznia 2012 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin. Dz.U. 2012 nr 0 poz. 81.
- Sokołowski A. 1961. Nowe stanowisko zimoziołu północnego na Płaskowzgórzu Łukowsko-Siedleckim. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 17(2): 44.
- Sokołowski A.W. 1995. Flora roślin naczyniowych Puszczy Białowieskiej. Białowieża, Białowieski Park Narodowy. ISBN 83-90-265-125.
- Stecki K., Przybylski T. 1957. Zimozioł północny (*Linnaea borealis* L.) i inne rzadsze rośliny w Wielkopolsce. *Przyroda Polski Zachodniej* 4(1-4): 65–76.
- Środa M., Dąbrowski S. 1999. Stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* w Puszczy Nidzickiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 55(3): 108–111.
- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zajac M., Zajac A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński C. 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem roślin inwazyjnych. Warszawa, GDOŚ. ISBN: 978-83-62940-34-9.
- Traczyk H. 1967. *Linnaea borealis* L. i *Botrychium multifidum* (Gm.) Rupr. w Puszczy Kampinoskiej. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 13(3): 319–321.
- Trampl T., Kliczkowska A., Dmytreko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.

- Worrell R., Dunlop B. 2003. The influence of past management of pine-woods on the occurrence of twinflower. Stirling, Plantlife Scotland.
- Zajac A., Zajac M. (ed.) 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Kraków, Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego. ISBN 8391516113.
- Zaręba R. 1986. Lokalne migracje zimoziołu północnego *Linnaea borealis* L. w nadleśnictwie Rogów i jego ochrona w lasach gospodarczych i w rezerwacie „Górki”. *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Zoologica*, 3: 193–197.

- Zieliński T. 1962. Stanowisko zimoziołu północnego w Puszczy Kozienickiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 18(1): 34–36.

Wkład autorów

- M.T.C, J.K., K.P. – koncepcja i założenia pracy, opracowanie tekstu artykułu, interpretacja wyników, przegląd literatury, prace terenowe; R.S. i A.T. – prace terenowe, przygotowanie rycin.

The Twinflower (*Linnaea borealis* L.) in the northern part of the Południowopodlaska Lowland

Marek Tadeusz Ciosek*, Janusz Krechowski, Roman Sikorski, Agata Trębicka, Katarzyna Piórek

Botany Institute, Department of Biology, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, ul. B. Prusa 12, 08-110 Siedlce, Poland

*Tel. +48 25 6431225, e-mail: marek.ciosek@uph.edu.pl

Abstract. *Linnaea borealis*, the twinflower, is considered a critically endangered species in the Południowopodlaska Lowland. The disappearance of the twinflower is mainly caused by habitat changes resulting from forest management, but also light deficiency due to the increase in canopy cover and growth of the shrub layer (processes of succession).

The aim of the paper is to present the actual distribution and phytosociological characteristics of *L. borealis* in the northern part of the Południowopodlaska Lowland. In this region, only three out of ten known areas of occurrence (Werchliś, Serpelice, Grala-Dąbrowizna) have endured to the present day. The twinflower occurs in pine forest, *Peucedano-Pinetum*, and mixed forest, *Quercus robur-Pinetum*, communities.

A decrease in the ground cover of twinflower populations was observed in all existing twinflower locations. Although the area covered by the *Linnaea borealis* population in Werchliś increased tenfold during the last 20 years (from about 200 m² in 1993 to 1970 m² in 2013), its cover-abundance according to the Braun-Blanquet scale decreased from 5 to 3. The increase in the area covered by the twinflower population together with the accompanying decrease in cover-abundance is probably not a manifestation of species dynamics but rather a response to disadvantageous environmental changes (growth of canopy cover and shrub layer). Progressive light reduction can initiate the process of fragmentation of a population.

A decrease in the cover-abundance of the *L. borealis* population (from 4 to 2) was also observed in Serpelice. Its area was reduced to half of its original size due to anthropogenic destruction of this location. In the third region, Grala-Dąbrowizna, also the negative effects of competitive species (e.g. *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) are considered.

Keywords: *Linnaea borealis*, distribution, phytosociology, Południowopodlaska Lowland

1. Introduction

The twinflower *Linnaea borealis* L. is a relict of the Late Glacial period. Czubiński (1950) classifies it as a subarctic boreal–mountain and continental element, whereas Meusel (1943) assigns it to the boreal and mountain species associated with the continental climate. The twinflower's range includes northern Europe, Asia and parts of North America. In Poland, it reaches the southern extent of its range. Zajac and Zajac (2001) list 233 twinflower stations in Poland, concentrated mainly in the northern part of the country and the Lublin region (Roztocze). In some sites, this species is considered a pseudo-relict (a relict species growing in new sites transformed by humans), which spreads by zoochory – its seeds are dispersed by birds (Czubiński 1950; Zaręba 1986; Browicz, Gostyńska-Jakuszczyńska 1966; Król 1977).

Linnaea borealis is a species characteristic of acidophilic forests of the *Vaccinio-Piceetea* class and – regionally – of the maritime *Empetro nigri-Pinetum* pine forests (Matuszkiewicz 2006). In central-eastern Poland, it is most often found in fresh pine forests (*Peucedano-Pinetum*, *Leucobryo-Pinetum*) and fresh mixed coniferous forests (*Pino-Quercetum*). According to Zieliński (1962), it also occurs in the Kozienicka Forest in typical hornbeam forests with a mixture of fir.

The twinflower is an endangered species in many regions of Poland, and thus strictly protected (Regulation of the Minister of the Environment 2012). It is considered extinct (category RE) in the Opole Voivodeship (Nowak et al. 2008), northern part of the Silesian-Cracow Upland (Hereźniak 2002) and Lower Silesia (Kącki et al. 2003). It is critically endangered (CR) in the Południowopodlaska Lowland (Głowacki et al. 2003), Wielkopolska region (Jackowiak et al. 2007) and the Polish Carpathians (Pię-

Received: 24.06.2014, reviewed: 7.08.2014, accepted: 18.09.2014

koś-Mirkowa H. 2008). It is dying out in the Świętokrzyskie region (Broz 1990) and is threatened with extinction (EN) in the Lublin region (Kucharczyk, Wójciak 1995). Since 2005, the Department of Botany at Siedlce University of Natural Sciences and Humanities has been monitoring the twinflower and a small group of protected, endangered species (such as *Cypripedium calceolus*, *Adenophora liliifolia*, *Liparis loeselii*).

During studies of the flora in the vicinity of Siedlce, a new stand of twinflower was found near Grala-Dąbrowizna in the Skórzec Township, in private forests overseen by the Siedlce Forest Inspectorate, district 10 Grala-Dąbrowizna.

The aim of this study is to present the current distribution and phytosociological characteristics of existing stations of *L. borealis* in the northern part of the Południowopodlaska Lowland.

2. Study area and methodology

The study was conducted in the Mazowsze-Podlasie Region (Tramplera et al. 1990), in the mesoregions of the Siedlecka Upland, Podlasie Bug River Gorge, the Węgrówskie Depression, Łukowska Plain and Kałuszyńska Upland. They form a slightly undulating upland with altitudes ranging from 150 to 200 m above sea level. The terrain is dotted with the inselbergs of moraine hills, kames and eskers formed during the Warthe sub-stage of the Ice Age (Kondracki 2013). The climate has a mean annual temperature of about 7.0°C (1°C lower than in areas further to the west) and an annual rainfall of about 550 mm. Field research was conducted in 2013 to verify the stations reported in

the literature. An exploration of potential floral habitat sites of the species in neighbouring areas was also carried out.

A single phytosociological relevé was taken according to the generally accepted Braun-Blanquet method (Braun-Blanquet 1964) of those stations where the presence of *L. borealis* was confirmed. The area of the relevé was 100–400 m² depending on the size of the plot. The cover-abundance of each plant layer and their species composition were noted. Species were classified according to phytosociological units, allowing us to specify the phytosociological characteristics of the stations. The area covered by the population was also estimated. Data on the surface area and species composition of the station were compared with the literature from about 20 years ago.

New stations of *L. borealis* in Grala-Dąbrowizna were mapped at a scale of 1:50. Each species of tree, the range of competing species (bilberry and lingonberry) and patches of light were noted. The nomenclature used of vascular plant species is from Mirek et al. (2002), mosses from Ochryra et al. (2003) and their phytosociological affiliation was determined according to Matuszkiewicz (2005).

3. Results

The presence of *L. borealis* was confirmed in three of ten known sites of the Południowopodlaska Lowland, near the settlements of Grala-Dąbrowizna, Serpelice and Werchliś (Fig. 1). The general characteristics of the twinflower stations are presented in Table 1.

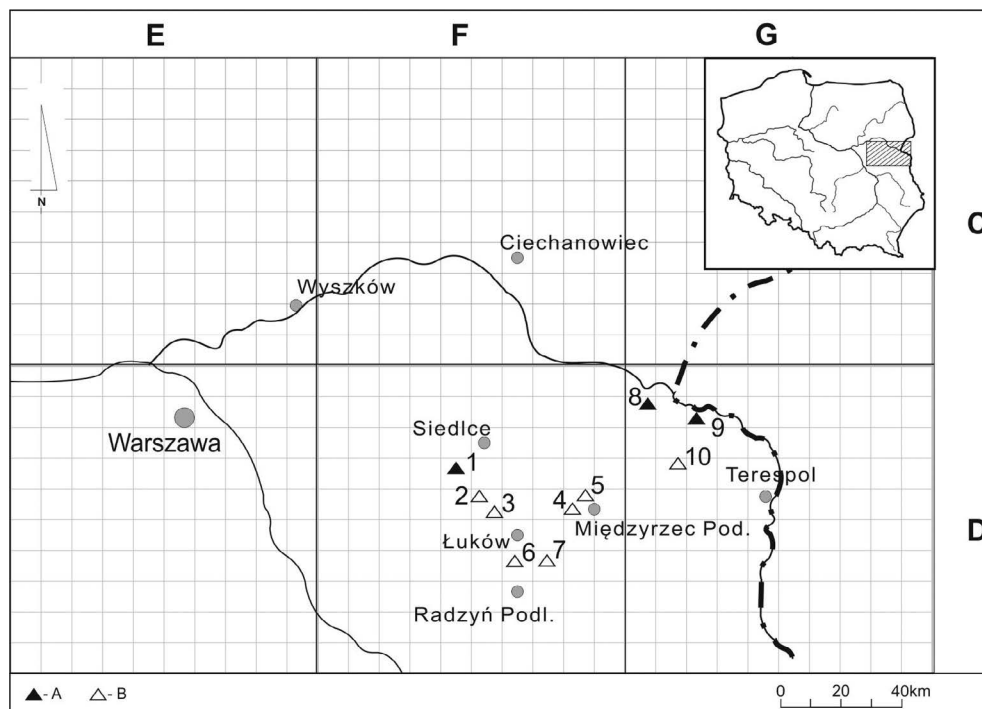


Figure 1. Distribution of *Linnaea borealis* stations in the northern part of the Południowopodlaska Lowland mapped on ATPOL grid squares (10 x 10 km, according to Zając A., Zając M. 2001). A – existing stations, B – stations where *L. borealis* was not confirmed. 1 – Grala-Dąbrowizna, 2 – Domanice, 3 – Klimki, 4 – Jelnica, 5 – Międzyrzec Podlaski, 6 – Ciężkie, 7 – Bedlne, 8 – Serpelice, 9 – Werchliś, 10 – Hrud.

Table 1. General characteristics of *Linnaea borealis* stations in the Południowopodlaska Lowland

No. of stand	Forest district	Locality	ATPOL square	Area (m ²) 2013	Community	Source of information
1	Siedlce	Graża- Dąbrowizna	FD34	120	<i>Peucedano-Pinetum</i>	leg. Sikorski 2013
2	Łuków	Klimki	FD45	not confirmed	lack of data	leg. Fijałkowski 1973
3	Łuków	Domanice	FD45	not confirmed	<i>Quercus roboris-Pinetum</i>	Sokołowski 1961
4	Międzyrzec Podlaski	Jelnica	FD48	not confirmed	lack of data	leg. Fijałkowski 1968
5	Międzyrzec Podlaski	Międzyrzec Podlaski	FD48	not confirmed	lack of data	Eichler 1883
6	Łuków	Ciężkie gm. Wojcieszków	FD66	not confirmed	lack of data	leg. Fijałkowski 1967
7	Radzyń Podlaski	Bedlne	FD67	not confirmed	lack of data	leg. Fijałkowski 1975
8	Sarnaki	Serpelice	GD10	91,4	<i>Peucedano-Pinetum</i>	Ciosek 1998
9	Biała Podlaska	Werchliś	GD12	1970	<i>Quercus roboris-Pinetum</i>	Marciniuk, Wierzba 1996
10	Biała Podlaska	Hrud	GD31	not confirmed	<i>Peucedano-Pinetum</i>	leg. Fijałkowski 1962; potw. Ciosek 1998

Despite years of searching, we did not find twinflower stands in the areas of Międzyrzec Podlaski (Eichler 1883 leg. Fijałkowski 1968) or in the Łuków Forest District (Sokołowski 1961 leg. Fijałkowski 1973). It has probably also disappeared from Hrud and the Biała Podlaska State Forest Inspectorate (leg. Fijałkowski 1962), confirmed by Ciosek (1998). In 2005, over a dozen twinflower shoots were observed, but this species was not found again in 2013. No stations of this species were found in the vicinity of Bedlne village near Radzyń Podlaski (leg. Fijałkowski 1975) or in Ciężkie in the Wojcieszków Township (leg. Fijałkowski 1967).

The largest area (1970 m²) of *L. borealis* was found near the village of Werchliś. This stand is located to the north of the village (52°11'44.70"N, 23°17'13.93"E), in ATPOL square GD12, not GD22 – as shown in the atlas of the distribution of plants (Zajac, Zajac 2001). The sparsely canopied tree stand (a₁ – 40%, a₂ – 20%) is made up of *Pinus sylvestris* and *Quercus robur* (Tab. 2). The shrub layer, with a cover of 50%, is dominated by *Q. robur* with a mix of *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*, *P. serotina* and *Corylus avellana*. The herb layer is dominated by *L. borealis* (cover 3), *Festuca ovina*, *Luzula pilosa* and *Vaccinium myrtillus* (cover 1). Fragments of the station were covered by dense patches of stiff clubmoss (*Lycopodium annotinum*), sidebells wintergreen (*Orthilia secunda*) and blackberry (*Rubus* sp.). The layer of moss is dominated by *Pleurozium schreberii* and *Hylocomium splendens*. In total, 26 species of plants were recorded in the relevé. The presence of oak in all layers of the community, as well as bird cherry and hazel in the shrub layer indicates the relatively high fertility of

the soil, qualifying the described forest fragment as continental mixed forest habitat *Quercus roboris-Pinetum*.

This station experienced the greatest change due to the process of natural succession. The tree and shrub canopy increased from 40 to 50%; individual blackberry *Rubus* sp. (cover 2) plants are also beginning to shade the twinflower stands. Dense patches of stiff clubmoss *L. annotinum* and bilberry *V. myrtillus* were noted here for the first time. Both are species which may compete with twinflower stands.

The plots of twinflower were significantly smaller near Graża-Dąbrowizna – 120 m² and Serpelice – 91.4 m².

The station near Graża-Dąbrowizna (52°05'17.61"N, 22°06'53.31"E) is located in a fresh coniferous forest, whose tree stand has canopy layers of 40% for a₁ and 20% for a₂. The a₁ layer is comprised of *P. sylvestris*, while a₂ includes *P. sylvestris* and *Q. robur*. The shrub layer with a cover of 40% is made up of *Q. robur* (covering 3), with a small number of *Frangula alnus* and *Juniperus communis*. *L. borealis* dominated the groundcover (cover 5). A significant proportion of layer c cover was made up of such species as *V. myrtillus* (cover 3), *V. vitis-idaea* (2) and *Melampyrum pratense* (1). There were no species characteristic for lower phytosociological units, but several characteristic and distinctive species of the *Peucedano-Pinetum* community were noted in close proximity (*Peucedanum oreoselinum*, *Solidago virgaurea*, *Polygonatum odoratum*). Accordingly, the described portion of the forest complex qualified for this classification. The moss layer (30% cover) was dominated by *P. schreberii* and *H. splendens*. In total, 22 species of plants were recorded in the relevé.

Table 2. Phytosociological characteristic of *Linnaea borealis* stations in the Południowopodlaska Lowland (data from 1993 and 1996 according to the authors)

Locality		Grala-Dąbrowizna	Serpelice		Werchliś	
Date		14.06.2013	24.05.96	10.07.2013	09.1993	10.07.2013
Area of plot m ²		ca.120	ca. 200	91,4	ca. 200	1970
Cover of layer a (%)		30	60	50	40	50
Cover of layer a ₁ (%)		30	30	50	40	40
Cover of layer a ₂ (%)		10	40	20	-	20
Cover of layer b (%)		40	50	50	40	50
Cover of layer c (%)		90	80	70	100	70
Cover of layer d (%)		30	100	60	40	60
Area of relevé (m ²)		100	100	100	100	400
Number of species		22	34	34	13	26
Trees and shrubs						
<i>Pinus sylvestris</i>	a ₁	2	3	3	3	3
<i>Pinus sylvestris</i>	a ₂	1	2	2		1
<i>Pinus sylvestris</i>	b		1		1	
<i>Pinus sylvestris</i>	c	+	+			
<i>Quercus robur</i>	a ₂	1	1	2		2
<i>Quercus robur</i>	b	3	2	2	2	3
<i>Quercus robur</i>	c	2	+	1	+	+
<i>Betula pendula</i>	a ₂		1	1		
<i>Betula pendula</i>	b			2		1
<i>Betula pendula</i>	c	+				
<i>Populus tremula</i>	a ₂		1	+		
<i>Populus tremula</i>	b		1	+		
<i>Populus tremula</i>	c		+	+	+	1
<i>Juniperus communis</i>	b	1	2	1		1
<i>Juniperus communis</i>	c		1	1		1
<i>Frangula alnus</i>	b	1				
<i>Frangula alnus</i>	c	1	+	+		
<i>Malus sylvestris</i>	b		1			
<i>Malus sylvestris</i>	c		+	+		
<i>Sorbus aucuparia</i>	b			1	1	1
<i>Sorbus aucuparia</i>	c		+	+		+
<i>Euonymus verrucosus</i>	b		1	1		
<i>Salix caprea</i>	b		1			
<i>Padus avium</i>	b			2		1
<i>Padus serotina</i>	b					1
<i>Corylus avellana</i>	b					1
Ch. D. Vaccinio-Piceetea						
<i>Linnaea borealis</i>	c	5	4	2	5	3
<i>Hylocomium splendens</i>	d	2	4	2	2	2
<i>Pleurozium schreberii</i>	d	2	4	3	2	3
<i>Vaccinium myrtillus</i>	c	3	3	2		1

Locality		Grala-Dąbrowizna	Serpelice		Werchliś	
Date		14.06.2013	24.05.96	10.07.2013	09.1993	10.07.2013
<i>Orthilia secunda</i>	c		1	2	1	2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	c	2	2	1		
<i>Melampyrum pratense</i>	c	1	1	1		
<i>Trientalis europaea</i>	c	r	1	1		
<i>Rubus saxatilis</i>	c	+	r	+		
<i>Luzula pilosa</i>	c	+		1		2
<i>Solidago virgaurea</i>	c		+	+		+
<i>Dicranum undulatum</i>	d		1	1		
<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i>	c		1	+		
<i>Chimaphila umbellata</i>	c		+	1		
<i>Moneses uniflora</i>	c		+	(r)		
<i>Lycopodium annotinum</i>	c					3
Accompanying species						
<i>Festuca ovina</i>	c	+	+	2	3	3
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	c	+	1	+	+	+
<i>Hieracium murorum</i>	c		r	+	+	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	c	+	+	1		
<i>Deschampsia flexuosa</i>	c		+	+		+
<i>Dryopteris carthusiana</i>	c		r	1		+
<i>Agrostis capillaris</i>	c	+	+			
<i>Fragaria vesca</i>	c		1	1		
<i>Viola canina</i>	c		r	+		
<i>Polytrichum juniperinum</i>	d				1	1
<i>Hieracium lachenalii</i>	c				+	+
<i>Carex ericetorum</i>	c	+				
<i>Hieracium pilosella</i>	c	+				
<i>Rumex acetosa</i>	c	+				
<i>Hypochoeris radicata</i>	c	r				
<i>Polytrichum commune</i>	d		1			
<i>Knautia arvensis</i>	c			1		
<i>Rubus sp.</i>	c					2
<i>Conyza canadensis</i>	c					r

The station near Serpelice (52°17'12.47"N, 23°02'43.90"E) is located in the *Peucedano-Pinetum* fresh pine forest. The tree stand of 50% a₁ layer cover is made up of *P. sylvestris* (cover 3), while *Q. robur*, *P. sylvestris* and *B. pendula* comprise layer a₂. The shrub layer with a canopy of 50% is dominated by *Q. robur*, *P. avium* and *B. pendula* (cover 2), with a lesser proportion of *J. communis*, *S. aucuparia* and *Euonymus verrucosus*. In addition to *L. borealis* (cover 2), the following species had the highest proportion of cover: *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Orthilia secunda*, *Festuca ovina*, *Melampyrum pratense* and *Luzula pilosa*. Also present were a number

of species characterising and distinguishing the *Peucedano-Pinetum* community: umbellate wintergreen *Chimaphila umbellata* and goldenrod *S. virgaurea*, while *Peucedanum oreoselinum* and scented Solomon's seal *P. odoratum* also were in close proximity to the plot. The moss layer, at 60% cover, was dominated by *Pleurozium schreberii* and *Hylocomium splendens*. In total, 34 plant species were recorded in the relevé.

All three described stations were adjacent to rarely used forest roads. The twinflower was blooming at each station and no fruiting specimens were found.

In Grala-Dąbrowizna, the twinflower fully covered the plot (90–100% coverage) in sunny areas (light squares on the map). Coverage was significantly lower in shady areas (40–60% of cover). Competitive groundcover species, such as *V. myrtillus* and *V. vitis-idaea*, may adversely affect the twinflower population. Confirmation of such interactions between the species, however, would be possible only after conducting long-term population studies.

4. Discussion

Only three of the 10 *L. borealis* stations reported for the Południowopodlaska Lowland remain today. We were unable to confirm the stations in the vicinity of Biała Podlaska, Międzyrzec Podlaski, Łuków, Wojcieszków and Radzyń Podlaski. The population directly north of the study area (the right bank of the Bug River Valley) is also dying out, as the forest was clear-cut at the station in Wyszków (Czarnota 1973). A few specimens were confirmed there in 1990, but in 1992, the species was not found. In the Białowieża

Forest, Sokołowski (1995) found only one twinflower station of three previously reported ones. Confirmation is also required of an unpublished station in Pobikry (*leg.* Głowacki 1993). In central Poland (Łódź Voivodeship), the species has survived in six locations out of ten reported earlier (Jakubowska-Gabara, Kurowski 2012).

Existing stations of twinflower are located in fresh pine forests (*Peucedano-Pinetum*) and continental mixed forests (*Quercus roboris-Pinetum*), communities with the typical habitats where the species is found (Matuszkiewicz 2008; Piękoś-Mirkowa, Mirek 2003).

Over the last 20 years, the size of the area populated by *L. borealis* near the village of Werchliś increased tenfold, from about 200 m² in 1993 (Marciniuk, Wierzba 1996) to 1970 m² in 2013. It is now one of the largest stations in Poland. Even in the centre of the species' range (Nidzica Forest), none of its plots exceeds 900 m² (Środa, Dabrowski 1999).

The reason for the disappearance of twinflower stations is primarily habitat change associated with forest management and succession. One of the most important environmental

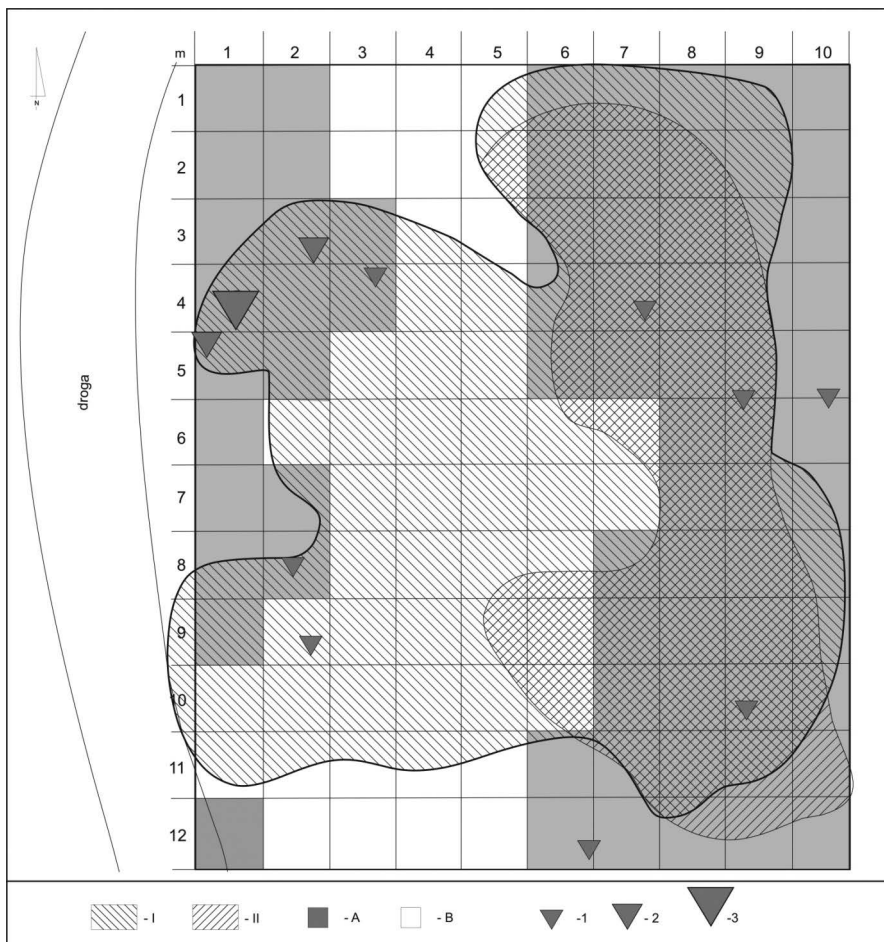


Figure 2. Cartogram of *Linnaea borealis* station in Grala-Dąbrowizna. I – *Linnaea borealis*, II – *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea*; 1 – tree of diameter < 20 cm, 2 – tree of diameter 21–40 cm, tree of diameter 41–60 cm; A – shaded area, B – sunny area

factors affecting the condition of the *L. borealis* population is the availability of light (Browicz, Gostyńska-Jakuszczyńska 1966; Głazek 1969; Niva 2003; Worrell, Dunlop 2003; Niva et al. 2006). Numerous studies (Traczyk 1967; Głazek 1969; Izdebski et al. 1988; Lorens 1993) indicate that twinflower grows in the direction of moderate sunlight, but not in full sun. For this reason, many stations of this species are found near roads or tract boundaries. The twinflower avoids shady areas. Izdebski et al. (1988) and Jakubowska-Gabara and Kuroński (2012) reported on the adverse effect of shrubs on the twinflower. When light conditions are inferior, the cover breaks up, which causes the station to fragment and small enclaves are formed. Fijałkowski (1994) writes that the end result of these changes may be the disappearance of the station. In the last 20 years at Werchliś, the amount of light reaching the forest floor is diminishing due to an increase in the density of the tree and shrub canopy layers. Although the station has not yet become fragmented, twinflower cover at this site has decreased from 5 to 3, which may be the beginning of this process. The population is spreading to the south, where there are better light conditions (existence of a forest road).

Piękoś-Mirkowa and Mirek (2003) argue that the variations in the size of twinflower stations can also be associated with a periodic or permanent variability of habitat conditions, suggesting that in dry years, twinflower population size decreases, and during wet years, it clearly grows. This is refuted by the results of Głazka (1969), Traczyk (1967) and Król (1977), which indicate that dry and wet years do not affect the condition of the twinflower and the size of its stations.

The black cherry *P. serotina*, a highly expansive species, was noted at the station in Werchliś. It is a potential threat to the twinflower station. It quickly overtakes the understory and lower layers of the tree stand, making natural forest regeneration more difficult and eliminating groundcover species (Dajdok et al. 2007; Tokarska-Guzik et al. 2012).

The Serpelice station decreased in size from approximately 200 m² in 1996 to 91.4 m² in 2013. There is a large erratic boulder in the eastern part of the station, where formerly twinflower had grown all around it. Currently, there is no twinflower on its eastern side. This is probably due to rock mining activities. A decrease in twinflower cover (from 4 to 2) was also observed in the rest of the station. Because the light conditions here are stable, this change is probably due to anthropogenic causes.

In the sunlit areas of Grala-Dąbrowizna, twinflower was abundant (cover 5). The proportion of this species in the groundcover was smaller in shadier places. We can assume that competitive undergrowth species, such as *V. myrtillus* and *V. vitis-idaea*, limit the twinflower population. It would be useful to methodically study this problem.

Twinflower blooms at all of the stations. No fruiting was observed, which rarely occurs in Poland. Fruiting specimens

were found by Stecki and Przybylski (1957) and Biernacki (1962) in the Wielkopolski National Park.

Together with the Siedlce Forest Inspectorate, efforts are being made to protect the new station in Grala-Dąbrowizna as a natural monument. To this day, in spite of repeated reminders, the Serpelice station lacks formal protection. All existing *L. borealis* stations are being monitored (biometric and habitat studies).

5. Conclusions

Based on the research findings, the following conclusions can be made:

1. The number of existing *L. borealis* stations in the Południowopodlaska Lowland is decreasing. Only three of ten known stations of this species have survived in the northern part of the Południowopodlaska Lowland to this day.

2. The cover of the twinflower population is decreasing at confirmed historical stands. At Werchliś, this is most likely due to deteriorating light conditions, while at Grala-Dąbrowizna, to competition from such species as *V. myrtillus* or *V. vitis-idaea*.

3. An increase in the area occupied by the twinflower seems to be rather a response to unfavourable environmental conditions than a growth trend in the size of the population. At the station near the village of Werchliś, where the population increased in size by almost tenfold over the last 20 years (it is considered the largest in Poland today), its cover-abundance has simultaneously decreased. This is probably the result of deteriorating light conditions and may be the beginning of the fragmentation of this stand.

Conflict of interest

The authors declare that there is no potential conflict of interest.

Acknowledgement and financial support

The research was financed by the Siedlce University of Natural Sciences and Humanities as part of its statutory activity 65/94/S.

The authors wish to thank the reviewers for their valuable comments, which were used in the final version of the paper.

References

- Biernacki A. 1962. Nowe stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* L. w południowej Wielkopolsce. *Przyroda Polski Zachodniej* 6: 67–70.
- Braun-Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien-New York, Springer Verlag.

- Browicz K., Gostyńska-Jakuszczyńska M. 1966. *Linnaea borealis* L., in: Atlas rozmieszczenia drzew i krzewów w Polsce, 5 (eds. S. Białobok, Z. Czubiński). Warszawa, PAN, Zakład Dendrologii i Arboretum Kórnickie, p. 21–24.
- Bróz E. 1990. Lista wymierających i zagrożonych gatunków roślin naczyniowych Krainy Świętokrzyskiej. *Rocznik Świętokrzyski* 17: 97–105.
- Ciosek M. 1998. Zimozioł północny *Linnaea borealis* na terenie Parku Krajobrazowego Podlaski Przełom Bugu. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę* 54(6): 112–114.
- Czarnota K. 1973. Stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* i barwinka pospolitego *Vinca minor* w Puszczy Białej na Mazowszu. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę* 29(2): 69–70.
- Czubiński Z. 1950. Z zagadnień geobotanicznych Pomorza Zachodniego. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią* 2(4): 439–658.
- Dajdok Z., Krzysztofiak A., Krzysztofiak L., Romański M., Śliwiński M. 2007. Rośliny inwazyjne w Wigierskim Parku Narodowym. Krzywe, Wigierski Park Narodowy. <http://www.wigry.win.pl/inwazyjneWPN.pdf>
- Eichler B. 1883. Spis roślin jawnopłciowych rosnących w okolicach Międzyrzecza położonego w guberni Siedleckiej, w powiecie Radzyńskim. *Pamiętnik Fizyograficzny* 3: 318–329.
- Fijałkowski D. 1994. Flora roślin naczyniowych Lubelszczyzny, t. 1 i 2. Lublin, Lubelskie Towarzystwo Naukowe. ISBN 83-85491-45-7, 83-84191-48-1.
- Głazek T. 1969. Ekologiczna charakterystyka stanowisk *Linnaea borealis* L. w lasach Nadleśnictwa Ćmielów (Przygórze Hłeczkie). *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 15(3): 333–343.
- Głowacki Z., Falkowski M., Krechowski J., Marciniuk J., Marciniuk P., Nowicka-Falkowska K., Wierzbą M. 2003. Czerwona lista roślin naczyniowych Niziny Południowopodlaskiej [The red list of vascular plant of the Południowopodlaska Lowland]. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę* 59(1): 5–41.
- Hereźniak J. 2002. Regionalna lista wymarłych i zagrożonych gatunków roślin naczyniowych północnej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Biologica et Oecologica* 1: 39–63.
- Izdebski K., Lipiec W., Lorens B., Popiołek Z. 1988. Ekologiczna ocena stanowisk *Linnaea borealis* L. w Roztoczańskim Parku Narodowym. *Annales UMCS, Ser. C* 43(11): 147–160.
- Jackowiak B., Celka Z., Chmiel J., Latowski K., Żukowski W. 2007. Red list of vascular flora of Wielkopolska (Poland). *Biodiversity, Research and Conservation* 5-8: 95–127.
- Jakubowska-Gabara J., Kurowski J.K. 2012. *Linnaea borealis* L., in: Czerwona księga roślin województwa łódzkiego. Zagrożone rośliny naczyniowe. Zagrożone zbiorowiska roślinne (ed. R. Olaczek). Łódź, Ogród Botaniczny w Łodzi, Uniwersytet Łódzki, s. 128–129. ISBN 978-83-920604-4-4.
- Kącki Z., Dajdok Z., Szczęśniak E. 2003. Czerwona lista roślin naczyniowych Dolnego Śląska, in: Zagrożone gatunki flory naczyniowej Dolnego Śląska (ed. Z. Kącki). Wrocław, Instytut Biologii Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego, PTPP „pro Natura”, p. 19–56. ISBN 8391962601.
- Kondracki J. 2013. Geografia regionalna Polski, Warszawa, PWN. ISBN 9788301160227.
- Król S. 1977. Zimozioł północny (*Linnaea borealis* L.) na nowym stanowisku koło Opatowa w powiecie kępińskim. *Roczniki Dendrologiczne*, 30: 75–82.
- Kucharczyk M., Wójciak J. 1995. Ginące i zagrożone gatunki roślin naczyniowych Wyżyny Lubelskiej, Roztocza, Wołynia Zachodniego i Polesia Lubelskiego. *Ochrona Przyrody* 52: 33–46.
- Lorens B. 1993. Nowe stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* L. w Roztoczańskim Parku Narodowym. *Parki Narodowe i Rezerwaty Przyrody* 12(1): 49–54.
- Marciniuk P., Wierzbą M. 1996. Nowe stanowisko *Linnaea borealis* (*Caprifoliaceae*) w województwie białkopodlaskim na tle występowania gatunku w centralnej i wschodniej części Nizin Środkowopolskich. *Fragmenta Floristica et Geobotanica, Ser. Polonica*, 3: 99–102.
- Matuszkiewicz J. M. 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski, Warszawa, PWN. ISBN 83-01-14439-4.
- Meusel H. 1943. Vergleichende Arealkunde. Berlin.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M. 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist, Biodiversity of Poland, 1, Kraków, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 442 p. ISBN 83-85444-83-1.
- Niva M. 2003. Life history strategies in *Linnaea borealis*. Acta Universitatis Upsalensis, Uppsala University, Uppsala. ISBN 91-554-5754-1.
- Niva M., Svensson B. M., Karlsson P. S. 2006. Effects of light and water availability on shoot dynamics of the stoloniferous plant *Linnaea borealis*. *Ecoscience* 13(3): 318–323.
- Nowak A., Nowak S., Spałek K. 2008. Red list of vascular plants of Opole province. *Opole Scientific Society Nature Journal* 41: 141–158.
- Ochyra R., Żarnowiec J., Bednarek-Ochyra H. 2003. Census catalogue of Polish mosses. Katalog mchów Polski. Biodiversity of Poland, 3. Kraków, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences. ISBN 83-85444-84-X.
- Piękoś-Mirkowa H., Mirek Z. 2003. Flora Polski. Atlas roślin chronionych. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa. ISBN 83-7073-256-9.
- Piękoś-Mirkowa H. 2008. Zimozioł (*Linnaea*) północny, in: Czerwona Księga Karpat Polskich. Rośliny naczyniowe [Red data book of the Polish Carpathians. Vascular Plants] (eds. Z. Mirek, H. Piękoś-Mirkowa). Kraków, Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, p. 294–295. ISBN 978-83-89648-71-6.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 stycznia 2012 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin. Dz.U. 2012 nr 0 poz. 81.
- Sokołowski A. 1961. Nowe stanowisko zimoziołu północnego na Płaskowzgórzu Łukowsko-Siedleckim. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę* 17(2): 44.
- Sokołowski A.W. 1995. Flora roślin naczyniowych Puszczy Białowieskiej. Białowieża, Białowieżski Park Narodowy. ISBN 83-90-265-125.
- Stecki K., Przybylski T. 1957. Zimozioł północny (*Linnaea borealis* L.) i inne rzadsze rośliny w Wielkopolsce. *Przyroda Polski Zachodniej* 4(1-4): 65–76.
- Środa M., Dąbrowski S. 1999. Stanowisko zimoziołu północnego *Linnaea borealis* w Puszczy Nidzickiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę* 55(3): 108–111.

- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński C. 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem roślin inwazyjnych. Warszawa, GDOŚ. ISBN: 978-83-62940-34-9.
- Traczyk H. 1967. *Linnaea borealis* L. i *Botrychium multifidum* (Gm.) Rupr. w Puszczy Kampinoskiej. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 13(3): 319–321.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmytreko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- Worrell R., Dunlop B. 2003. The influence of past management of pinewoods on the occurrence of twinflower. Stirling, Plantlife Scotland.
- Zając A., Zając M. (ed.) 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Kraków, Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego. ISBN 8391516113.
- Zaręba R. 1986. Lokalne migracje zimoziołu północnego *Linnaea borealis* L. w nadleśnictwie Rogów i jego ochrona w lasach gospodarczych i w rezerwacie „Górki”. *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Zoologica*, 3: 193–197.
- Zieliński T. 1962. Stanowisko zimoziołu północnego w Puszczy Kozienickiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę*, 18(1): 34–36.

Author's contribution

M. T. C., J. K. and K. P. – concept and assumptions of research, preparation of the text of manuscript, interpretation of results, review of the literature, fieldworks; R. S. and A. T. – fieldworks, preparation of figures.