

Stanowisko parczeliny trójlistkowej *Ptelea trifoliata* L. ssp. *trifoliata* w lasach Nadleśnictwa Wyszaków

The station of the hop tree (*Ptelea trifoliata* L. ssp. *trifoliata*) in forests of the Wyszaków Forest District

Marek Ciosek*, Janusz Krechowski, Katarzyna Piórek, Roman Sikorski

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

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

Abstract. This paper presents the results of studies carried out on *Ptelea trifoliata* populations in the Wyszaków Forest District in 1998 and 2013. *Ptelea trifoliata* is a native species of North America (United States of America, northern part of Canada) and has a wide ecological range. However, it prefers fertile, wet soils and moderate light. In Europe it is planted for its decorative value and is mainly found in synanthropic habitats (parks, graveyards, roadsides, fortifications) in Poland. The station of *Ptelea trifoliata* is situated in the oak-hornbeam forest, *Tilio-Carpinetum typicum*, with a significant fraction of the stand consisting of *Pinus sylvestris*. Hop trees occur mainly along forest section lines and are rarely found inside the sections. In the last 15 years an increase in the number and size of *Ptelea trifoliata* clusters has been observed. The species spreads along forest section lines, which form a convenient migration route by creating favourable conditions for the germination and growth of seedlings (good access to light, fragments of bare soil). The presence of new individuals far from the pre-existing clusters indicates that the generative way of propagation dominates. Biometric measures indicate significant differences in length and width of whole leaves as well as leaflets, with leaves and leaflets of vegetative specimens significantly larger than generative ones.

As a consequence of the high rate of *Ptelea trifoliata* expansion along forest section lines and occurrence of single specimens inside the forest sections, we assume this species to be potentially invasive.

Keywords: *Ptelea trifoliata*, Wyszaków Forest District, spreading of species, biometric studies

1. Wstęp

Parczelina trójlistkowa (*Ptelea trifoliata* L.) to wieloletnia roślina z rodziny rutowatych (*Rutaceae*). Centrum występowania podgatunku typowego (*Ptelea trifoliata* L. ssp. *trifoliata*) to zbiorowiska mieszanych i liściastych lasów południowo-wschodniej części Stanów Zjednoczonych. Stąd takson rozprzestrzenił się na północ – w kierunku Wielkich Jezior i Kanady oraz na południe – w kierunku Meksyku (Bailey et al. 1970). Obecnie jego naturalny zasięg występowania rozciąga się od Wielkich Jezior i południowej Kanady, gdzie spotykany jest wzdłuż cienistych brzegów lasów oraz na skalistych zboczach, do Teksasu i północnej Florydy (Ambrose 2002). Odizolowane stanowiska podgatunku obserwuje się również w południowym Meksyku. Występowanie innych podgatunków (*Ptelea trifoliata* L. ssp. *angustifolia*, *Ptelea trifoliata* L. ssp. *pallida*, *Ptelea trifoliata* L. ssp. *polyadenia*) ogranicza się do południowych regionów USA oraz Meksyku.

Parczelina trójlistkowa została introdukowana do Polski na początku XIX wieku. Obecnie uznawana jest za gatunek lokalnie

zadomowiony (kenofit) w zbiorowiskach antropogenicznych, seminaturalnych i naturalnych (Tokarska-Guzik et al. 2012).

W trakcie badań terenowych prowadzonych w 1998 roku w lasach państwowych Nadleśnictwa Wyszaków zaobserwowano okazy *Ptelea trifoliata* na terenie Uroczyska Wyszaków-Leszczydół. Nie udało się ustalić pochodzenia i wieku stanowiska. Na podstawie liczby słoików przyrostu rocznego oszacowano wiek najstarszych osobników na ponad 30 lat.

W pracy przedstawiono zmiany wielkości populacji parczeliny, jakie zaszły w latach 1998–2013, oraz zaprezentowano wyniki pomiarów biometrycznych liści osobników wegetatywnych i generatywnych.

2. Teren badań

Stanowisko *Ptelea trifoliata* położone jest w obrębie Nadleśnictwa Wyszaków (woj. mazowieckie) na południowym skraju Puszczy Białej (kwadrat ATPOL EC79). Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną Trampiera (1990) teren ten znajduje się w IV Krainie Mazowiecko-Podlaskiej,

Tabela 1. Liczebność kęp *Ptelea trifoliata* w latach 1998 i 2013Table 1. Number of *Ptelea trifoliata* clusters in 1998 and 2013

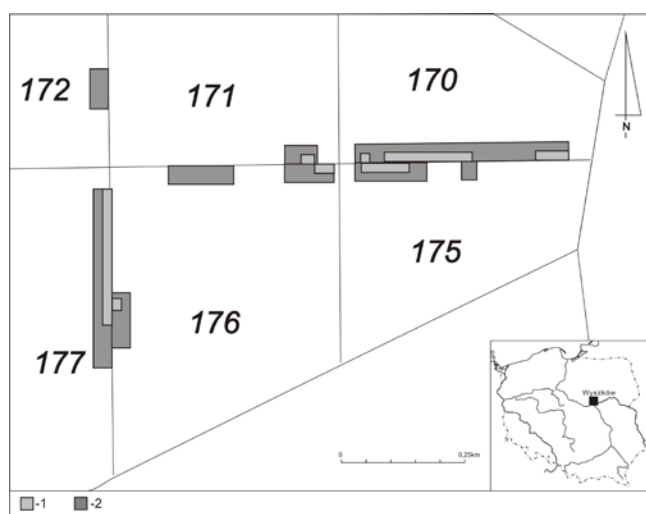
Linia oddziałowa Forest section line	Wielkość kępy / Area of cluster (m ²)								Razem In total	
	< 10		10–50		50–150		>150		1998	2013
	1998	2013	1998	2013	1998	2013	1998	2013		
170/175	3	14	2	5	2	3	1	1	8	23
171/172	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3
171/176	2	9	1	2	-	1	-	-	3	12
176/177	4	14	3	4	1	2	-	-	8	20
Razem In total	9	40	6	11	3	6	1	1	19	58

w Dzielnicy Niziny Podlaskiej i Wysoczyzny Siedleckiej, w Mezoregionie Wysoczyzny Łomżyńskiej. W podziale fizyczno-geograficznym Kondrackiego (2013) obszar badań należy do mezoregionu Międzyrzecze Łomżyńskie (makroregion Nizina Północnomazowiecka), stanowiącego wysoczyznę morenową między dolinami Dolnej Narwi i Dolnego Bugu.

Obszar badań położony jest w zasięgu klimatu wyżyn środkowych, w obrębie dzielnicy podlaskiej (Romer 1949). Główne parametry klimatyczne kształtują się tu następująco: średnia roczna temperatura powietrza – 7,7°C, roczna suma opadów – 550 mm, najczęstszy kierunek wiatru – zachodni lub południowo-zachodni. Czas zalegania pokrywy śnieżnej wynosi 50–80 dni, okres wegetacyjny trwa od 200 do 220 dni. W porównaniu z warunkami klimatycznymi środkowej części Mazowsza, teren Puszczy Białej odznacza się cechami kontynentalnymi. Świadczy o tym znacznie większa amplituda roczna temperatur (25°C) niż w okolicach Warszawy (22°C). Równoleżnikowy przebieg doliny Bugu wpływa na przewagę wiatrów zachodnich.

3. Metody badań

Badania terenowe na stanowisku *Ptelea trifoliata* w Puszczy Białej prowadzono dwukrotnie: w roku 1998 i 2013. Na mapie zaznaczono rozmieszczenie osobników w obu okresach badawczych. Lokalizację okazów parceliny określono przy użyciu taśmy mierniczej. Wykonano 8 zdjęć fitosocjologicznych o powierzchni 400 m², zgodnie z metodą Braun-Blanqueta (Pawłowski 1972). Wybierano powierzchnie, na których występowała parcelina, w odległości 20–30 m od granicy oddziału. Notowano stopień pokrycia gatunków w siedmiostopniowej skali Braun-Blanqueta: r – 1-2 wystąpienia, + – nielicznie, z niewielkim pokryciem, 1 – 1-5%, 2 – 5-25%, 3 – 25-50%, 4 – 50-75%, 5 – 75-100%. Zdjęcia fitosocjologiczne stanowiły podstawę do określenia typu leśnego zbiorowiska roślinnego. Nomenklaturę gatunków roślin naczyniowych przyjęto za Mirkiem i in. (2002), a ich przynależność fitosocjologiczną za Matuszkiewiczem (2005). W związku z zaobserwowaną dysproporcją wielkości liści osobników wegetatywnych (niekwitających) i generatywnych (kwitających i owocujących) dokonano ich pomiarów biometrycznych (po 10 liści z 10 losowo wybranych

**Rycina 1. Rozmieszczenie kęp *Ptelea trifoliata* w latach 1998 i 2013.**

1 – 1998, 2 – 2013.

Figure 1. Distribution of *Ptelea trifoliata* clusters in 1998 and 2013.

1 – 1998, 2 – 2013.

osobników). Pomiarów (szerokości i długości całego liścia oraz listków szczytowych i bocznych) dokonano przyżyciowo w sierpniu, wybierając liście wyrastające ze środkowych części pędów. Istotność różnic cech biometrycznych liści wegetatywnych i generatywnych określono za pomocą testu nieparametrycznego U Manna-Whitneya (Statistica 10), służącego do porównania dwóch prób niezależnych.

4. Wyniki badań

W roku 1998 osobniki *Ptelea trifoliata* notowane były wzdłuż linii oddziałowych: 170/175, 176/177 oraz nielicznie – 171/176 (ryc. 1). Wówczas zidentyfikowano łącznie 19 kęp, w tym 15 o wielkości do 50 m² oraz 4 większe powierzchniowo (tab. 1). Po upływie 15 lat stwierdzono znaczny wzrost liczebności populacji, odnotowując 51 kęp o powierzchni do 50 m² oraz 7 większych. Całkowita powierzchnia populacji *Ptelea trifoliata* wzrosła z 2500 m² w roku 1998 do 4300 m² w roku 2013. Szczególnie widoczne było rozprzestrzenienie się osobników wzdłuż linii oddziałowej 171/176. W roku

2013 stwierdzono też obecność pierwszych okazów parczeliny przy linii oddziałowej 171/172.

Niemal wszystkie osobniki *Ptelea trifoliata* rosły beosprednio przy linii oddziałowej. Sporadycznie kępy parczeliny obserwowano w głębi wydziałów (do 10 metrów od linii oddziałowej).

Stanowisko *Ptelea trifoliata* znajdowało się w obrębie grądu typowego (*Tilio-Carpinetum typicum*), ze znacznym udziałem *Pinus sylvestris* w drzewostanie (pinetyzacja). Drzewostan o zwarcie 60–80% był zbudowany z *Pinus sylvestris* i *Quercus robur*, z udziałem *Carpinus betulus* w warstwie drzew a_2 (20–70%). W warstwie krzewów (zwarcie około 40%) dominowały *Carpinus betulus* i *Corylus avellana*, z mniejszym udziałem *Frangula alnus*. Natomiast w warstwie runa (zwarcie 90–100%) przeważały gatunki z klasy *Quercus-Fagetalia* rzędu *Fagetalia sylvaticae* (*Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *Melica nutans*, *Milium effusum*, *Viola reichenbachiana*). Rzadziej notowane były gatunki dąbrów (*Hieracium murorum*, *Melittis melissophyllum*) i borów sosnowych (*Vaccinium myrtillus*). Zdjęcia wykonane przy linii oddziałowej były bogatsze florystycznie niż w głębi wydziału. Związane to było z obecnością gatunków synantropijnych (*Stellaria media*, *Oxalis stricta*, *Lupinus polyphyllus*) oraz ciepłolubnych (*Hieracium caespitosum*, *Stachys recta*, *Aquilegia vulgaris*).

Szczegółową charakterystykę fitosocjologiczną stanowiska przedstawiono poniżej:

Nadlesnictwo Wyszaków, oddz. 170, 171, 175, 176, 177 (8 zdjęć fitosocjologicznych); data: 05.06.2013 r.; zwarcie warstwy: a – 60–80%, a_1 – 50–60%, a_2 – 20–70%, a_3 – 10–30%, b – 30–60%, c – 70–100%, d – 0–10%; pow. zdjęć: 200–400 m². *Ptelea trifoliata* b – V¹⁻³; drzewa i krzewy: *Pinus sylvestris* a_1 – V²⁻³, *Quercus robur* a_1 – V¹⁻², *Quercus robur* a_2 – IV¹⁻², *Quercus robur* b – IV⁺¹, *Carpinus betulus* a_2 – V¹⁻³, *Carpinus betulus* a_3 –

III¹⁻², *Carpinus betulus* b – V¹⁻³, *Carpinus betulus* c – V¹⁻², *Corylus avellana* b – V¹⁻³, *Corylus avellana* c – V¹⁻², *Frangula alnus* b – III⁺¹, *Frangula alnus* c – III⁺¹, *Sorbus aucuparia* c – II⁺¹, *Acer platanoides* c – II⁺¹; rośliny runa: ch. *Quercus-Fagetalia*: *Anemone nemorosa* – V²⁻⁴, *Melica nutans* – V⁺³, *Carex digitata* – IV¹⁻², *Aegopodium podagraria* – III⁺², *Melittis melissophyllum* – III⁺¹; ch. *Fagetalia sylvaticae*: *Milium effusum* – V¹⁻², *Viola reichenbachiana* – IV⁺², *Actaea spicata* – IV⁺¹, *Phyteuma spicatum* – IV⁺¹, *Sanicula europaea* – III⁺¹, *Daphne mezereum* – II⁺¹, *Lilium martagon* – II⁺¹; towarzyszące: *Maianthemum bifolium* – V¹⁻³, *Oxalis acetosella* – V¹⁻³, *Moehringia trinervia* – V⁺², *Dryopteris carthusiana* – V⁺¹, *Hieracium murorum* – IV⁺², *Ajuga reptans* – IV⁺², *Rubus saxatilis* – IV⁺², *Pteridium aquilinum* – IV⁺², *Vaccinium myrtillus* – IV⁺², *Viola riviniana* – IV⁺¹, *Mycelis muralis* – IV⁺¹, *Luzula pilosa* – IV⁺¹, *Dryopteris filix-mas* – IV⁺¹, *Veronica chamaedrys* – III⁺¹, *Urtica dioica* – III⁺², *Melampyrum nemorosum* – III⁺¹, *Galeopsis pubescens* – III⁺¹, *Rubus caesius* – II⁺¹, *Athyrium filix-femina* – II⁺¹, *Dactylis glomerata* – II⁺¹, *Gymnocarpium dryopteris* – II⁺¹, *Stellaria media* – I⁺¹, *Oxalis stricta* – I⁺¹, *Aquilegia vulgaris* – I⁺¹, *Lupinus polyphyllus* – I⁺¹, *Stachys recta* – I⁺¹, *Hieracium caespitosum* – I⁺¹.

Na podstawie analizy wyników biometrycznych pomiarów liści stwierdzono istotne różnice długości i szerokości liści u osobników wegetatywnych i generatywnych (tab. 2). Średnia długość całkowita liści wegetatywnych była większa o 4,7 cm od liści generatywnych (test U Manna-Whitneya: $z=7,51$; $p<0,0001$). Średnia długość liści szczytowych i bocznych także była większa u osobników wegetatywnych (odpowiednio o 2,3 cm oraz 3,7 cm; $z=6,79$; $p<0,0001$ oraz $z=8,22$; $p<0,0001$) niż u osobników generatywnych. Szerokość liści szczytowych i bocznych osobników wegetatywnych również była istotnie większa w porównaniu z osobnikami generatywnymi (odpowiednio o 1,8 cm oraz 2,1 cm; $z=10,48$; $p<0,0001$ oraz $z=8,03$; $p<0,0001$).

Tabela 2. Wyniki biometrycznych pomiarów liści osobników wegetatywnych i generatywnych *Ptelea trifoliata*

Table 2. The results of biometric measurements of vegetative and generative specimens of *Ptelea trifoliata*

Liść Leaf		Długość (cm) Length (cm)			Szerokość (cm) Width (cm)		
		średnia mean	min.	max.	średnia mean	min.	max.
Wegetatywny Vegetative	cały liść the whole leaf	29,6	23,9	37,3	18,9	14,5	23,3
	liść szczytowy middle leaflet	12,8	9,8	19,5	8,2	5,8	12,1
	liść boczny lateral leaflet	15,4	9,2	22,8	9,0	5,5	13,7
Generatywny Generative	cały liść the whole leaf	24,9	16,1	36,6	13,4	11,2	16,8
	liść szczytowy middle leaflet	10,5	6,2	16,1	6,6	3,4	12,1
	liść boczny lateral leaflet	11,7	6,0	22,8	6,9	3,1	13,7

5. Dyskusja

Parcelina trójlistkowa, jako roślina ozdobna, należy do gatunków dość często sadzonych w parkach i ogrodach krajów o klimacie umiarkowanym. W Polsce notowana była rzadko, najczęściej w postaci nasadzeń przydrożnych i parkowo-architektonicznych. Werpachowski (2005) wymienia parcelinę wśród roślin rosnących wokół fortyfikacji Twierdzy Ossowiec. Sudnik-Wójcikowska (1987) podaje stanowiska gatunku z obszaru Warszawy (ogródki działkowe, obrzeża lotniska). Niniejsza praca jest pierwszą, która prezentuje charakterystykę i dynamikę populacji *Ptelea trifoliata* w głębi kompleksu leśnego.

Badana populacja reprezentuje najczęściej introdukowany w Polsce podgatunek typowy *Ptelea trifoliata* L. ssp. *trifoliata*. Wskazują na to cechy morfologiczne i biometryczne liści (Bailey 1960; Bailey et al. 1970). Parcelina trójlistkowa to roślina mrozoodporna. Mimo dużej tolerancji siedliskowej preferuje żyzne, wilgotne i przepuszczalne gleby. Wzrost siewek stymuluje też wysoka temperatura i wilgotność w okresie wczesnowiosennym (McLeod, Murphy 1983).

W latach 1998–2013 powierzchnia populacji *Ptelea trifoliata* zwiększyła się o ponad 70%. Gatunek rozprzestrzenia się głównie wzdłuż linii oddziałowych, gdzie panują najlepsze warunki do kiełkowania siewek (mniejsze pokrycie roślinności, większy dostęp światła). Jednocześnie są one głównymi szlakami rozprzestrzeniania się nasion, jako że jest to gatunek anemochoryczny (Ambrose et al. 1985). Wynikiem tego jest pojawianie się pojedynczych osobników, oddalonych od już istniejących stanowisk. Mniejsze znaczenie mają inne sposoby rozmnażania, z których najważniejszym jest rozrost już istniejących kęp.

Parcelina spełnia podstawowe kryteria gatunku inwazyjnego. Jest zdolna do samodzielnego powiększania arealu już istniejących populacji i kolonizowania nowych terenów. Na obecnym poziomie wiedzy nie wiadomo, w jakim stopniu może ona wpływać na zmniejszenie bioróżnorodności zbiorowisk (konkurencja, zacinienie warstwy runa, uszkodzenia gleby w czasie trzebieży czy cięć uprzętających).

W czasie badań stwierdzono dysproporcje w wielkości liści osobników vegetatywnych i generatywnych (liście vegetatywne istotnie większe). Różnice te mogą wynikać z faktu, że osobniki vegetatywne to osobniki młodociane lub osobniki dojrzałe, rosnące w zacięciu, wytwarzające większe powierzchniowo liście, aby zrekompensować niedobór światła.

6. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Badane stanowisko *Ptelea trifoliata* jest pierwszym opisywanym, położonym w obrębie naturalnego zbiorowiska grądowego (*Tilio-Carpinetum typicum*).

2. W latach 1998–2013 zaobserwowano rozprzestrzenianie się gatunku, ograniczone głównie do linii oddziałowych.

3. Wyniki pomiarów biometrycznych liści wskazują na istotne różnice wielkości liści osobników vegetatywnych i generatywnych. Istotnie większe wartości (całkowitej długości i szerokości liści, długości i szerokości liścia szczytowego i liści bocznych) stwierdzono w przypadku osobników vegetatywnych.

4. Tempo ekspansji *Ptelea trifoliata* wzdłuż linii oddziałowych oraz występowanie pojedynczych okazów w głębi oddziałów leśnych może budzić obawy co do względnie wysokiego poziomu inwazyjności gatunku.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania zostały sfinansowane z tematu statutowego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach nr 65/94/S.

Autorzy serdecznie dziękują Recenzentom za cenne uwagi, uwzględnione w tekście niniejszej pracy.

Literatura

- Ambrose J.D. 2002. Update COSEWIC Status Report on the Common Hoptree *Ptelea trifoliata* in Canada, Ottawa, Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, 14 s. ISBN 0-662-34314-X.
- Ambrose J.D., Kevan P.G., Gadawski R.M. 1985. Hop tree (*Ptelea trifoliata*) in Canada: population and reproductive biology of a rare species. *Canadian Journal of Botany*, 63: 1928–1935.
- Bailey V.L. 1960. Historical review of *Ptelea trifoliata* in Botanical and Medical Literature. *Economic Botany*, 14: 180–188.
- Bailey V.L., Herlin S.B., Bailey H.E. 1970. *Ptelea trifoliata* ssp. *trifoliata* (Rutaceae) in deciduous forest regions of Eastern North America. *Brittonia* 22: 346–358.
- Kondracki J. 2013. Geografia regionalna Polski. Warszawa, PWN. ISBN 9788301160227.
- Matuszkiewicz J. M. 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa, PWN. ISBN 83-01-14439-4.
- McLeod K.W., Murphy P.G. 1983. Factors affecting growth of *Ptelea trifoliata* seedlings. *Canadian Journal of Botany*, 61(9): 2410–2415.
- 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.
- Pawłowski B. 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania, w: Szata Roślinna Polski T. 1 (red. W. Szafer, K. Zarzycki). Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe: 237–269.
- Romer E. 1949. Regiony klimatyczne Polski. Wrocław, *Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego*, Ser. B 16: 1–28.
- Sudnik-Wójcikowska B. 1987. Flora miasta Warszawy i jej przemiany w ciągu XIX i XX wieku. Część 2. Warszawa, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 435 s. ISBN 83-230-0475-7.
- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zajac M., Zajac A., Urbisz A., Danielewicz W. 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. War-

- szawa, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, 107 s. ISBN 978-83-62940-34-9.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmytreko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 155 s.
- Werpachowski C. 2005. Świat roślin naczyniowych Kotliny Biebrzańskiej i Biebrzańskiego Parku Narodowego, w: Przyroda Biebrzańskiego Parku Narodowego. (red. A. Dyrz, C. Werpachowski). Osowiec-Twierdza, Wydawnictwo Biebrzański Park Narodowy: 87–106. ISBN 83-921241-2.

Wkład autorów

M.C. – koncepcja i projekt badań, założenia metodyczne, badania terenowe, przegląd literatury; J.K – badania terenowe, przegląd literatury, analiza i interpretacja danych, opracowanie tekstu; K.P – badania terenowe, przegląd literatury, analiza i interpretacja danych, opracowanie tekstu; R.S – badania terenowe, opracowanie manuskryptu. Wszyscy autorzy przeczytali i zatwierdzili ostateczną wersję manuskryptu.

The station of the hoptree (*Ptelea trifoliata* L. ssp. *trifoliata*) in the forests of the Wyszaków Forest District

Marek Ciosek*, Janusz Krechowski, Katarzyna Piórek, Sikorski Roman

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

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

Abstract. This paper presents the results of studies carried out on *Ptelea trifoliata* populations in the Wyszaków Forest District in 1998 and 2013. *P. trifoliata* is a native species of North America (United States of America, northern part of Canada) and has a wide ecological range. However, it prefers fertile, wet soils and moderate light. In Europe, it is planted for its decorative value and is mainly found in synanthropic habitats (parks, graveyards, roadsides, fortifications) in Poland. The station of *P. trifoliata* is situated in the oak-hornbeam forest, *Tilio-Carpinetum typicum*, with a significant fraction of the stand consisting of *Pinus sylvestris*. Hop trees occur mainly along forest section lines and are rarely found inside the sections. In the last 15 years, an increase in the number and size of *P. trifoliata* clusters has been observed. The species spreads along forest section lines, which form a convenient migration route by creating favourable conditions for the germination and growth of seedlings (good access to light, fragments of bare soil). The presence of new individuals far from the pre-existing clusters indicates that the generative way of propagation dominates. Biometric measures indicate significant differences in length and width of whole leaves as well as leaflets, with leaves and leaflets of vegetative specimens significantly larger than generative ones.

As a consequence of the high rate of *P. trifoliata* expansion along forest section lines and occurrence of single specimens inside the forest sections, we assume this species to be potentially invasive.

Keywords: *Ptelea trifoliata*, Wyszaków Forest District, spreading of species, biometric studies

1. Introduction

The hoptree (*Ptelea trifoliata* L.) is a perennial plant of the Rutaceae family. Its typical subspecies (*P. trifoliata* L. ssp. *trifoliata*) occurs mainly in the mixed and deciduous forest communities in the south-eastern part of the United States. From there, this taxon has spread to the north - in the direction of the Great Lakes and Canada, and to the south - in the direction of Mexico (Bailey et al. 1970). Currently, its natural range extends from the Great Lakes and southern Canada, where it can be found on the shady forest edges and rocky slopes, to Texas and northern Florida (Ambrose 2002). Some isolated clusters of the subspecies can also be encountered in southern Mexico. The occurrence of other subspecies (*P. trifoliata* L. ssp. *Angustifolia*, *P. trifoliata* L. ssp. *pallida*, *P. trifoliata* L. ssp.

polyadenia) is limited to the southern regions of the United States and Mexico.

P. trifoliata was introduced to Poland in the early 19th century. Currently, the species is considered locally domesticated (neophyte) in anthropogenic, semi-natural and natural communities (Tokarska-Guzik et al. 2012).

During the field studies conducted in the state-owned forests of the Wyszaków Forest District in 1998, *P. trifoliata* individuals were recorded in the Uroczysko Wyszaków Leszczydół wilderness. The attempts to determine their origin and age have failed. On the basis of the number of annual growth rings, the age of the oldest individuals was estimated at over 30 years.

The paper presents changes in the population size of the hoptree that took place from 1998–2013 and the results of biometric measurements of the leaves of individuals from vegetative and generative propagation.

Received: 13.06.2014, reviewed: 30.06.2014, accepted: 11.07.2014.

Table 1. Number of *P. trifoliata* clusters in 1998 and 2013

Forest section line	Area of cluster (m ²)								In total	
	< 10		10–50		50–150		>150		1998	2013
	1998	2013	1998	2013	1998	2013	1998	2013		
170/175	3	14	2	5	2	3	1	1	8	23
171/172	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3
171/176	2	9	1	2	-	1	-	-	3	12
176/177	4	14	3	4	1	2	-	-	8	20
In total	9	40	6	11	3	6	1	1	19	58

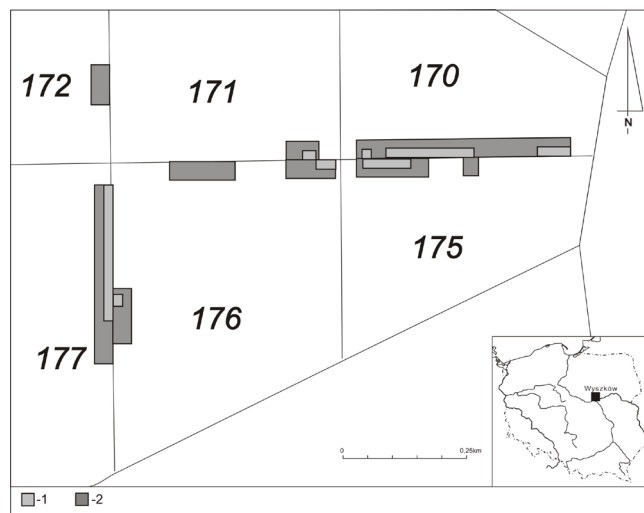
2. The study area

P. trifoliata occurs in the territory of the Wyszków Forest District (Mazowieckie Province) on the southern edge of the Biała Primeval Forest (Atlas of Poland “ATPOL” – square EC79). According to Trampler’s natural-forest regionalisation (1990), this study area lies in the Mazowsze-Podlasie Natural-Forest Region IV, in the Podlasie Natural-Forest Subregion situated in the Podlasie Lowland and the Siedlce Upland, in the Łomża Upland mesoregion. According to Kondracki’s physiogeographical classification (2013), the study area - a moraine upland, lies in the Międzyrzecze Łomżyńskie mesoregion between the Dolna Narew and Dolny Bug valleys (North Mazowsze Lowland macroregion).

The study area is located in the Podlasie Natural-Forest Subregion, being under the influence of the central uplands climate (Romer 1949). The main climatic characteristics are as follows: mean annual air temperature – 7.7°C, annual precipitation – 550 mm, prevalence of westerly or south-westerly winds. The snow cover lies for 50–80 days, the growing season lasts for 200–220 days. In comparison to the climatic conditions of the central part of Mazowsze, the Biała Primeval Forest is under the continental climate influences. This is confirmed by significantly higher amplitude of annual temperatures (25°C) than that in the Warsaw area (22°C). The latitudinal position of the Bug river valley results in the prevalence of westerly winds.

3. Research methods

Field studies on *P. trifoliata* in the Biała Primeval Forest were conducted twice: in 1998 and 2013. The distribution of hoptree individuals in both study periods was drawn on a map. A tape measure was used to determine the location of individuals. Eight phytosociological relevés of 400 m² were made in accordance with the Braun-Blanquet method (Pawłowski 1972).

**Figure 1.** Distribution of *P. trifoliata* clusters in 1998 and 2013.

1 – 1998, 2 – 2013.

Areas where *P. trifoliata* occurred were selected at a distance of 20–30 m from the compartment boundary. Species coverage was determined using the Braun-Blanquet seven-grade scale r - 1–2 individuals, + - few individuals, sparse coverage, 1 - 1–5% 2 - 5–25% 3 - 25–50%, 4 - 50–75%, 5 - 75–100%. The phytosociological relevés were the basis for determining the type of forest plant community. The nomenclature of vascular plant species was adopted after Mirek et al. (2002), and their syntaxonomic classification - after Matuszkiewicz (2005). As a result of the observed differences in the leaf size between vegetative (non-flowering) and generative (flowering and fruiting) individuals, their biometric measurements were taken (10 leaves from 10 randomly selected individuals). Measurements (width and length of the whole leaf as well as of apical and lateral leaflets) were taken from live specimens in August, selecting the leaves outgrowing from the central section of the shoot. The significance of the differences in the biometric characteristics

of the vegetative and generative leaves was determined using the Mann–Whitney non-parametric U test (Statistica 10) designed for comparing two independent samples.

4. Research results

In 1998, *P. trifoliata* individuals were observed on the boundaries of forest compartments 170/175, 176/177, and sporadically on the boundaries of compartment 171/176 (Figure 1). Then, a total of 19 hoptree clusters, including 15 clusters with an area of up to 50 m² and 4 larger ones, were identified (Table 1). Fifteen years later, a significant increase in the hoptree population was reported: 51 hoptree clusters with an area of 50 m² and 7 with a larger area. The total area of the *P. trifoliata* population increased from 2500 m² in to 4300 m² in 2013. The expansion of hoptree individuals along the boundaries of compartment 171/176 was particularly noticeable. In 2013, the first hoptree individuals were also found on the boundary of compartment 171/172.

Almost all *P. trifoliata* individuals grew close to the compartment boundaries. Some hoptree clusters occurred sporadically in the interior of forest compartments (up to 10 m from the compartment boundary).

The *P. trifoliata* clusters grew in a typical oak-hornbeam forest (*Tilio–Carpinetum typicum*) with a significant share of *Pinus sylvestris*, which was causing the ousting of the species typical of this association ('pinetisation'). The stand with a crown closure of about 60–80% was composed of *P. sylvestris* and *Quercus robur*, with the participation of *Carpinus betulus* in the lower tree layer (20–70%). The shrub layer (ca a 40% closure) was dominated by *C. betulus* and *Corylus avellana*, with a smaller share of *Frangula alnus*. However, in the herbaceous layer (a 90–100% closure), species of the class *Querco-Fagetea* and the order *Fagetalia sylvaticae* (*Anemone nemorosa*, *Carex digitata*, *Melica nutans*, *Milium effusum*, *Viola reichenbachiana*) predominated. Less frequent were species of oak (*Hieracium murorum*, *Melittis melissophyl-*

lum) and pine (*Vaccinium myrtillus*) forests. The relevés made in the vicinity of compartment boundaries showed a higher species richness than in the interior of the forest. This was associated with the presence of synanthropic (*Stellaria media*, *Oxalis stricta*, *Lupinus polyphyllus*) and thermophilic species (*Hieracium caespitosum*, *Stachys recta*, *Aquilegia vulgaris*).

A detailed phytosociological description of *P. trifoliata* clusters is given below:

The Wyszaków Forest District, compartments 170, 171, 175, 176, 177 (8 phytosociological relevés); date: 05.06.2013 r.; layer closure: a - 60–80%, a₁ - 50–60%, a₂ - 20–70%, a₃ - 10–30%, b - 30–60%, c - 70–100%, d - 0–10%; relevé area: 200–400 m². *P. trifoliata* b - V¹⁻³; trees and shrubs: *P. sylvestris* a₁ - V²⁻³, *Q. robur* a₁ - V¹⁻², *Q. robur* a₂ - IV¹⁻², *Q. robur* b - IV⁺¹, *C. betulus* a₂ - V¹⁻³, *C. betulus* a₃ - III¹⁻², *C. betulus* b - V¹⁻³, *C. betulus* c - V¹⁻², *C. avellana* b - V¹⁻³, *C. avellana* c - V¹⁻², *F. alnus* b - III⁺¹, *F. alnus* c - III⁺¹, *Sorbus aucuparia* c - II⁺¹, *Acer platanoides* c - II⁺¹; herbaceous plants: ch. *Querco-Fagetea*: *A. nemorosa* - V²⁻⁴, *M. nutans* - V⁺³, *C. digitata* - IV¹⁻², *Aegopodium podagraria* - III⁺², *M. melissophyllum* - III⁺¹; ch. *Fagetalia sylvaticae*: *M. effusum* - V¹⁻², *V. reichenbachiana* - IV⁺², *Actaea spicata* - IV⁺¹, *Phyteuma spicatum* - IV⁺¹, *Sanicula europaea* - III⁺¹, *Daphne mezereum* - II⁺¹, *Lilium martagon* - II⁺¹; accompanying: *Majanthemum bifolium* - V¹⁻³, *Oxalis acetosella* - V¹⁻³, *Moehringia trinervia* - V⁺², *Dryopteris carthusiana* - V⁺¹, *H. murorum* - IV⁺², *Ajuga reptans* - IV⁺², *Rubus saxatilis* - IV⁺², *Pteridium aquilinum* - IV⁺², *V. myrtillus* - IV⁺², *Viola riviniana* - IV⁺¹, *Mycelis muralis* - IV⁺¹, *Luzula pilosa* - IV⁺¹, *Dryopteris filix-mas* - IV⁺¹, *Veronica chamaedrys* - III⁺¹, *Urtica dioica* - III⁺², *Melampyrum nemorosum* - III⁺¹, *Galeopsis pubescens* - III⁺¹, *Rubus caesius* - II⁺¹, *Athyrium filix-femina* - II⁺¹, *Dactylis glomerata* - II⁺¹, *Gymnocarpium dryopteris* - II⁺¹, *S. media* - I⁺¹, *O. stricta* - I⁺¹, *A. vulgaris* - I⁺¹, *L. polyphyllus* - I⁺, *S. recta* - I⁺, *H. caespitosum* - I⁺.

The analysis of biometric measurement results shows significant differences in the length and width of leaves

Table 2. The results of biometric measurements of vegetative and generative specimens of *P. trifoliata*

Leaf		Length (cm)			Width (cm)		
		mean	min.	max.	mean	min.	max.
Vegetative	the whole leaf	29.6	23.9	37.3	18.9	14.5	23.3
	middle leaflet	12.8	9.8	19.5	8.2	5.8	12.1
	lateral leaflet	15.4	9.2	22.8	9.0	5.5	13.7
Generative	the whole leaf	24.9	16.1	36.6	13.4	11.2	16.8
	middle leaflet	10.5	6.2	16.1	6.6	3.4	12.1
	lateral leaflet	11.7	6.0	22.8	6.9	3.1	13.7

between the vegetative and generative individuals of *P. trifoliata* (Table. 2). The average total length of vegetative leaves was 4.7 cm higher than that of the generative leaves (Mann–Whitney U test: $z = 7.51$, $p < 0.0001$). The average length of apical and lateral leaflets of the individuals from vegetative propagation was also higher (by 2.3 cm and 3.7 cm, $z = 6.79$, $p < 0.0001$ and $z = 8.22$; $p < 0.0001$) than that of generative individuals. The width of apical and lateral leaflets of the individuals from vegetative propagation was also significantly higher compared to generative individuals (by 1.8 cm and 2.1 cm; $z = 10.48$; $p < 0.0001$ and $z = 8.03$, $p < 0.0001$).

5. Discussion

P. trifoliata, is an ornamental plant species frequently planted in the parks and gardens in the temperate climate countries. In Poland, it was rarely planted, usually along roadsides and an element of park architecture. Werpachowski (2005) identified the hoptree as one of the plants growing around the fortification of the Ossowiec Fortress. Sudnik-Wójcikowska (1987) reports its occurrence in the Warsaw area (in allotments, around the airport). This paper is the first to present the characteristics and dynamics of the *P. trifoliata* population in the forest interior.

The population under study represents the typical subspecies *P. trifoliata* L. ssp. *trifoliata* usually introduced to Poland. This plant is recognised for its morphological and biometric characteristics of leaves (Bailey, 1960; Bailey et al. 1970). *P. trifoliata* is a frost-resistant plant. In spite of its high habitat tolerance, it prefers fertile, moist and permeable soils. The growth of seedlings is also stimulated by high temperatures and humidity during the early spring (McLeod, Murphy 1983).

In 1998–2013, the area of the *P. trifoliata* population increased by over 70%. The species spreads mainly along compartment boundaries, where it has the best conditions for germination (less vegetation cover, better access to light). They are the primary routes of hoptree seed dispersal, as it is an anemochoric species (Ambrose et al. 1985). As a result, single plants appear some distance away from the existing *P. trifoliata* clusters. Other propagation methods are less important, of which the expansion of the existing clusters is the most significant.

The hoptree meets the basic criteria of an invasive species. It is capable of expansion by increasing the area of the existing populations and colonising the new sites. At the current level of knowledge, it is difficult to establish to what extent the hoptree can reduce the biological diversity of plant communities (competition, shading of the herbaceous layer, soil damage during thinning operations and cleaning cuts).

The research confirmed differences in the size of leaves between the individuals from vegetative and generative propa-

gation (vegetative leaves were significantly larger). These differences may be due to the fact that individuals from vegetative propagation are juvenile or mature; they grow in the shade, so their leaves have to be larger to compensate for the deficiency of light.

6. Conclusions

Based on the research results, the following conclusions can be drawn:

1. The examined *P. trifoliata* clusters growing in the natural oak-hornbeam community (*Tilio–Carpinetum typicum*) were described for the first time.
2. In 1998–2013, the expansion of the species was limited mainly to the boundaries of the forest compartment.
3. The results of biometric measurements of *P. trifoliata* leaves indicate significant differences in the size of leaves between individuals from vegetative and generative propagation. Significantly higher values (total length and width of leaves, length and width of apical and lateral leaflets) were observed in individuals from vegetative propagation.
4. The high expansion rate of *P. trifoliata* along the boundaries of forest compartments and the occurrence of individuals in the interior of the forest may raise concerns about the potentially high invasiveness of the species.

Conflict of interest

None declared.

Acknowledgement and financial support

The research was financed under the statutory Project No. 65/94/S of the Siedlce University of Natural Sciences and Humanities.

The authors would like to thank the Reviewers for their valuable comments, which have been incorporated into the text of this paper.

References

- Ambrose J.D. 2002. Update COSEWIC Status Report on the Common Hoptree *Ptelea trifoliata* in Canada, Ottawa, Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, 14 p. ISBN 0-662-34314-X.
- Ambrose J.D., Kevan P.G., Gadawski R.M. 1985. Hop tree (*Ptelea trifoliata*) in Canada: population and reproductive biology of a rare species. *Canadian Journal of Botany*, 63: 1928–1935.
- Bailey V.L. 1960. Historical review of *Ptelea trifoliata* in Botanical and Medical Literature. *Economic Botany*, 14: 180–188.

- Bailey V.L., Herlin S.B., Bailey H.E. 1970. *Ptelea trifoliata* ssp. *trifoliata* (Rutaceae) in deciduous forest regions of Eastern North America. *Brittonia* 22: 346–358.
- Kondracki J. 2013. Geografia regionalna Polski. Warszawa, PWN. ISBN 9788301160227.
- Matuszkiewicz J. M. 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa, PWN. ISBN 83-01-14439-4.
- McLeod K.W., Murphy P.G. 1983. Factors affecting growth of *Ptelea trifoliata* seedlings. *Canadian Journal of Botany*, 61(9): 2410–2415.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając 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.
- Pawłowski B. 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania, w: Szata Roślinna Polski T. 1 (eds. W. Szafer, K. Zarzycki). Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe: 237–269.
- Romer E. 1949. Regiony klimatyczne Polski. Wrocław, *Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Ser. B* 16: 1–28.
- Sudnik-Wójcikowska B. 1987. Flora miasta Warszawy i jej przemiany w ciągu XIX i XX wieku. Część 2. Warszawa, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, 435 p. ISBN: 83-230-0475-7.
- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając A., Urbisz A., Danielewicz W. 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. Warszawa, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, 107 p. ISBN 978-83-62940-34-9.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmytreko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 155 p.
- Werpachowski C. 2005. Świat roślin naczyniowych Kotliny Biebrzańskiej i Biebrzańskiego Parku Narodowego, w: Przyroda Biebrzańskiego Parku Narodowego. (eds. A. Dyrzcz, C. Werpachowski). Osowiec-Twierdza, Wydawnictwo Biebrzański Park Narodowy: 87–106. ISBN: 83-921241-2.

Authors' contribution

M.C. – concept and schedule of research, methodological assumptions, fieldwork, literature review; J.K – fieldwork, literature review, analysis and interpretation of results, text preparation; R.S – fieldwork, manuscript preparation. All the authors have read and approved the final version of the manuscript.