

**DARIUSZ ŚWIERK, MICHAŁ KRZYŻANIAK, MIŁOSZ T. WALERZAK,
PIOTR URBAŃSKI**

Wpływ zmiennych środowiskowych na stan zdrowotny klonu pospolitego (*Acer platanoides* L.) w wybranych parkach i lasach komunalnych Poznania*

Effect of environmental variables on health condition of *Acer platanoides* L.
in urban parks and forests of the city of Poznań

ABSTRACT

Świerk D., Krzyżaniak M., Walerzak M. T., Urbański P. 2015. Wpływ zmiennych środowiskowych na stan zdrowotny klonu pospolitego (*Acer platanoides* L.) w wybranych parkach i lasach komunalnych Poznania. Sylwan 159 (3): 236-245.

Norway maple (*Acer platanoides* L.) is a common species in cities. It can also be found as an extra species among the tree stand of municipal forests, which are dominated by other species. It is often planted in urban parks, open landscape, buffer strips, because this tree is resistant to most pollutants of anthropogenic origin. However, it is potentially sensitive to salinity and the accumulated effect of SO_x, NO_x and dust containing heavy metals. It is necessary to note that maple is a significant species to the development of urban open space. The aim of the study was to investigate the condition of *A. platanoides* in the municipal forests and non-historic parks of Poznań (western Poland) and to check which environmental variables have the influence on the health status of the trees. The research comprised the municipal forests (3) and non-historic parks (6) in the city and was conducted from 2010 to 2013. Field analyses concerned detailed inventory of trees and the determination of the state of health of each specimen. The data acquired in the study enabled the construction of CVA models. The maples in the municipal forests in Poznań were characterised by a higher health status than the specimens in urban parks. The research also revealed that such environmental variables as proximity to industrial centres and main thoroughfares had the greatest influence on the health status of the analysed trees. The investigated maples which grew in the parks located in the districts heated with fossil fuels proved to be of significantly worse health. As far as age is concerned, the specimens aged between 41 and 70 years were in the best condition.

KEY WORDS

health condition, urban areas, urban forests, statistical models

ADDRESSES

Dariusz Świerk – e-mail: darius@up.poznan.pl
Michał Krzyżaniak, Miłosz T. Walerzak, Piotr Urbański

Katedra Terenów Zieleni i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Gen. J. H. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań

*Badania finansowane w ramach grantu nr 507.655.54 oraz 507.655.55.

Wstęp

Klon pospolity (*Acer platanoides* L.) jest gatunkiem nizinnym, rosnącym głównie w lasach liściastych i mieszanych – przede wszystkim na glebach zasobnych i wystarczająco wilgotnych [Boratyński 1999; Boratyński, Filipiak 1999]. Według Ellenberga [1991] klony występujące w środkowej Europie zalicza się do drzew o umiarkowanych wymaganiach cieplnych, które znoszą klimat umiarkowany, kontynentalny. W Polsce *A. platanoides* L. nie tworzy własnych zbiorowisk leśnych i zazwyczaj występuje w formie domieszki w drzewostanach utworzonych lub zdominowanych przez inne gatunki drzew [Boratyński, Filipiak 1999]. Drzewa klonu pospolitego są również bardzo ekspansywne na terenie miast, zajmując siedliska o różnym stopniu zniekształcenia [Jackowiak 1998]. Są chętnie sadzone w parkach miejskich i przydworskich, a w krajobrazie otwartym wykorzystywane do tworzenia grup, pasów ochronnych oraz sadzone jako drzewa przydrożne [Tumiłowicz 1999].

Jednym z głównych zagrożeń dla drzew *A. platanoides* L. na terenach zurbanizowanych jest zasolenie. Karolewski [1999] zwraca uwagę na doświadczenia, które wykazały, że *A. platanoides* L. jest gatunkiem średnio wrażliwym na zasolenie – jest bardziej wrażliwy od *A. campestre* L., ale bardziej tolerancyjny od *A. pseudoplatanus* L. Jednakże Supuka [1995] stwierdza, że drzewa *A. pseudoplatanus* L. są bardziej tolerancyjne na zasolenie od drzew *A. platanoides* L. Supuka i Chładná [1995] ocenili, że *A. platanoides* L. należy do gatunków wrażliwych na połączone działanie SO_x , NO_x i pyłów zawierających metale toksyczne. Inne badania wykazały, że drzewa omawianego gatunku są bardzo wrażliwe na jednoczesny wpływ kwaśnych deszczów (H_2SO_4) oraz związków fluoru [Grimstad 1985].

Doświadczenia potwierdziły, że drzewa *A. platanoides* L. lepiej radzą sobie z niedoborem wody i ze związaniem z tym stresem niż drzewa *Populus tremula* L., *Quercus robur* L. oraz *Tilia cordata* Mill. [Aasamaa, Sober 2001]. Zwrócono również uwagę na fakt, że drzewa omawianego gatunku mogą być zaliczane do grupy drzew bardziej odpornych na suszę od *Aesculus hippocastanum* L. [Prentice, Helmisaari 1991; Roloff i in. 2009]. Bengtsson [1998] podkreśla, że drzewa klonu pospolitego rosną w wilgotnych i zasobnych w próchnicę glebach oraz są wrażliwe na suszę. Stwierdzono również, że są mniej tolerancyjne na nadmiar wody (a więc częste i długotrwałe zalewanie powierzchni gleby) od drzew *Quercus robur* L. lub *Salix alba* L. [Dister 1983].

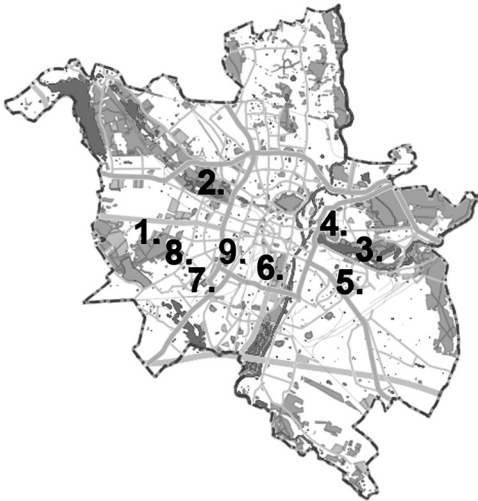
Znaczącym problemem dla drzew *A. platanoides* L. w terenach zurbanizowanych są zanieczyszczenia uwalniane podczas prac związanych z budową i utrzymaniem nawierzchni ulic, co związane jest z niekorzystnym wpływem par smołowych i pakowych, na które ten gatunek jest bardzo wrażliwy [Wyźgolik 1992].

Celem pracy było sprawdzenie kondycji drzew *A. platanoides* L. rosnących w lasach komunalnych i parkach niezabytkowych Poznania, porównanie stanu zdrowotnego badanego gatunku względem lokalizacji stanowiska oraz ocena, które zmienne środowiskowe w największym stopniu determinują stan zdrowotny badanych drzew.

Materiał i metody

Badania objęły lasy komunalne Poznania, pełniące funkcje izolacyjne oraz rekreacyjne dla miasta i jego mieszkańców. Lasy te zlokalizowane są na obrzeżach miasta, w oddaleniu od uciążliwych źródeł zanieczyszczeń. W badaniach wzięto również pod uwagę niezabytkowe parki publiczne Poznania, w których udział drzew *A. platanoides* L. był znaczący (ryc. 1).

Udział drzew badanego gatunku w drzewostanie Parku Tysiąclecia Państwa Polskiego wynosi 7,8%, parku między Osiedlem Czecha i Osiedlem Rusa – 14,8%, parku im. Jana Pawła II



Ryc. 1.

Lokalizacja obiektów badań na terenie Poznania
Location of the investigated objects in Poznań

1 – Uroczysko Marcelin (leśnictwo Marcelin), 2 – Uroczysko Gołęcin (leśnictwo Strzeszynek), 3 – Uroczysko Malta (leśnictwo Antoninek), 4 – Park Tysiąclecia Państwa Polskiego, 5 – Park między Osiedlem Czecha i Osiedlem Rusa, 6 – Park im. Jana Pawła II, 7 – Park Górczyński, 8 – Park im. ks. Józefa Jasińskiego, 9 – Park im. Gustawa Manitiusa

– 5,4%, Parku Górczyńskim – 16,0%, parku im. ks. Józefa Jasińskiego – 18,0%, a parku im. Gustawa Manitiusa – najwięcej, bo 35,3%. Parki między Osiedlem Czecha i Osiedlem Rusa oraz im. ks. Józefa Jasińskiego są obiektami założonymi na terenie dawnych fortów zewnętrznego pierścienia fortyfikacji pruskiej z II połowy XIX wieku, a parki Górczyński oraz im. Gustawa Manitiusa powstały z przekształcenia wcześniejszych cmentarzy ewangelickich.

Badania terenowe związane z inwentaryzacją drzew *A. platanoides* L. rosnących w wybranych stanowiskach przeprowadzono w latach 2010-2013 w okresie czerwiec-wrzesień. W ich trakcie określano następujące elementy charakterystyczne:

- obwód pnia każdego drzewa (mierzony na wysokości 130 cm nad powierzchnią ziemi), a w przypadku drzew wielopniowych, rozwidlających się poniżej wysokości 130 cm, mierzono każdy pień osobno;
- średnicę korony każdego drzewa (w przypadku drzew o nieregularnej koronie mierzono dwie skrajne średnice i wyciągano z nich średnią);
- wysokość każdego drzewa;
- stan zdrowotny badanych drzew – ocenę stanu zdrowotnego wykonano na podstawie kryteriów oceny kondycji drzewa Kosmali i in. [2009].

W leśnictwie do oceny stopnia uszkodzenia drzew najczęściej wykorzystuje się metody zaproponowane przez Roloffa [1989] i Dmyterko [1999]. W badaniach tych stosuje się syntetyczny wskaźnik uszkodzenia (Syn), na podstawie którego określa się stopień uszkodzenia ocenianych drzew i drzewostanów [Szczepkowski, Tarasiuk 2005; Wojtan i in. 2006]. W literaturze można także znaleźć opisy metod opartych na ocenie ubytku aparatu asymilacyjnego oraz stopniu defoliacji [Borecki, Keczyński 1992; Szewczyk, Czeryba 2010], a także dotyczące oceny zdrowotności i żywotności drzew [Podlaski, Żeleziak 2012].

W pracy została wykorzystana metoda Kosmali i in. [2009], która jest modyfikacją metody opracowanej przez Roloffa. Daje ona obraz degradacji drzew w warunkach miejskich (narażonych na oddziaływanie czynników antropogenicznych). Zastosowana metoda uwzględnia stan korony, pnia i korzeni badanego drzewa. Poszczególne elementy rozpatruje się w oparciu o dwie cechy, z których jedna dotyczy wad budowy drzewa, a druga – objawów chorobowych. Ocenie podlega struktura korony (stopień defoliacji) oraz jej żywotność i stan zdrowotny w okresie

wegetacyjnym lub w stanie bezlistnym. Ocena pnia dotyczy jego struktury i uwzględnia otarcia kory, ubytki bielu oraz pęknięcia, a także bierze pod uwagę stan zdrowotny pnia (obecność oznak etiologicznych). Metoda uwzględnia też ocenę stanu systemu korzeniowego drzewa (stan odziomka i korzeni strukturalnych oraz stan korzeni właściwych na podstawie obserwacji gleby). Uzyskane wyniki służą obliczeniu kondycji (K) w oparciu o wzór:

$$K = K_K + K_p + K_{Sk}$$

gdzie:

K_K – kondycja korony,

K_p – kondycja pnia,

K_{Sk} – kondycja strefy korzeniowej.

Łącznie można przyznać od 0 do 100 punktów, przy czym na kondycję korony i pnia przypada po 30 punktów, a na korzenie 40. Ostatnim etapem oceny jest wyznaczenie fazy vitalności i stanu zdrowotnego drzew (tab. 1).

Do skonstruowania modelu wykorzystano analizę CVA (canonical variate analysis) – kanoniczną odmianę liniowej analizy dyskryminacyjnej Fishera (LDA) [Lepš, Šmilauer 2003]. Porównano wpływ różnych zmiennych na stan zdrowotny osobników w badanych parkach i lasach. Parametry, które zostały włączone do analizy, to: oddalenie parków i lasów od centrum miasta, bliskość terenów przemysłowych, arterii komunikacyjnych, cieków i zbiorników wodnych oraz wpisywanie się parków i lasów w system zieleni miejskiej, emisję gazów ze spalania paliw kopalnych przez gospodarstwa domowe czy pierwotne użytkowanie terenów. W celu stwierdzenia, które zmienne w największym stopniu determinują stan zdrowotny drzew *A. platanoides* L. w parkach i lasach Poznania, zastosowano postępującą analizę krokową. Ocenione były wszystkie zmienne, a następnie do modelu włączono te, które najbardziej przyczyniały się do dyskryminacji grup w oparciu o wartość p i F dla analizowanej zmiennej. Proces ten był powtarzany do momentu, gdy wartość p wzrosła powyżej 0,05 dla badanej zmiennej. W celu określenia granicznego poziomu istotności wykonano test permutacyjny Monte Carlo (oddzielnie dla każdej zmiennej, a następnie dla całego modelu). Wszystkie zestawienia, obliczenia oraz elementy graficzne wykonane zostały w pakiecie programu Canoco oraz arkusza kalkulacyjnym Microsoft Excel.

Tabela 1.

Fazy vitalności i stan zdrowotny (Q) drzew
 Vitality phases and health status (Q) of the trees

Punktacja Points	Kondycja Condition	Faza vitalności Vitality phase	Q
96-100	bardzo dobra very good	ekspansji expansion	I
76-95	dobra good	ekspansji expansion	II
46-75	średnia average	osłabienia weakening	III
16-45	zła bad	stagnacji stagnation	IV
0-15	bardzo zła very bad	rezygnacji resignation	V

Wyniki

Osobniki najbardziej okazałe pod względem wysokości i szerokości korony stwierdzono w lasach komunalnych oraz 3 parkach (Górczyński, im. ks. J. Jasińskiego oraz im. G. Maniussa). Były to osobniki najstarsze spośród badanych. Wysokość niektórych drzew przekraczała 25 m, a szerokość korony 20 m (tab. 2). Pod względem zdrowotności zdecydowanie najlepiej ocenione zostały klony występujące we wszystkich badanych lasach Qsr <1,12;1,17> (tab. 2). Dobrym stanem zdrowotnym charakteryzowały się klony rosnące w Parku Tysiąclecia Państwa Polskiego – uśredniona wartość zdrowotności Q wyniosła 1,28 i była bliska I klasie zdrowotności. Klony występujące w parku im. Jana Pawła II charakteryzowały się najniższą klasą zdrowotności, bliską II klasie. Obwody badanych drzew były skorelowane z wiekiem i wynosiły od 6 do 287 cm, przy czym największe zróżnicowanie stwierdzono dla klonów występujących w Parku Górczyńskim.

Stwierdzono wyraźną korelację rozkładu zmiennych środowiskowych, takich jak oddalenie parków i lasów od centrum miasta, bliskość arterii komunikacyjnych czy terenów przemysłowych, ze stanem zdrowotnym badanego gatunku w Poznaniu (ryc. 2). Największy negatywny wpływ na stan zdrowotności drzew *A. platanooides* L. w parkach Poznania miała bliskość terenów przemysłowych – najgorszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się osobniki występujące w parkach i lasach komunalnych położonych w pobliżu (<0,5 km) ośrodków przemysłowych. Negatywny wpływ na stan zdrowotny badanego gatunku w parkach i lasach komunalnych Poznania miała także bliskość ciągów komunikacyjnych, które przebiegały bezpośrednio po dwóch stronach badanych obiektów, przy czym silniejsze oddziaływanie stwierdzono w parkach. Najlepszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się drzewa *A. platanooides* L. zasiedlające parki i lasy komunalne, które były zlokalizowane najdalej od centrum miasta (w promieniu powyżej 3 km), w pobliżu których nie występowały tereny przemysłowe oraz nie przebiegały ciągi komunikacyjne.

Tabela 2.

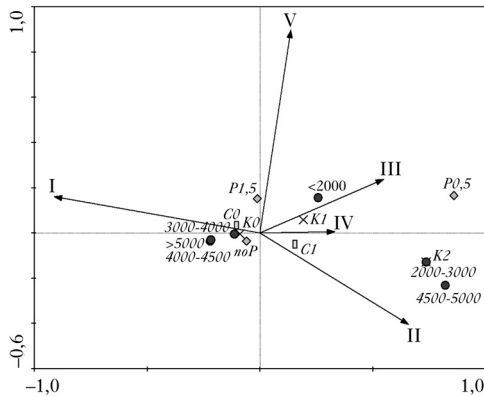
Wysokość (H), obwód pnia (O), szerokość korony (D) i stan zdrowotny (Q) klonów w wybranych lasach komunalnych i parkach Poznania (numeracja obiektów zgodna z ryciną 1)

Height (H), trunk circumference (O), crown width (D) and health status (Q) of maples in investigated urban forests and parks in Poznań (object codes according to figure 1)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
H [m]	min	7	11	10	5	2	2,5	4	5	14
	max	28	32	30	31	28	18	27	31	26
	m	16,52	15,25	18,45	16,24	12,48	9,04	18,38	16,24	19,59
	sd	4,74	4,75	2,6	4,74	5,58	3,21	5,8	4,74	1,82
O [cm]	min	27	78	54	17	12	10	6	25	63
	max	223	287	251	213	181	140	264	216	268
	m	78,99	58,24	156,32	62,88	60,13	60,58	114,06	88,49	175,21
	sd	40,97	35,25	31,2	31,05	38,23	28,09	59,38	40,97	39,9
D [m]	min	5,5	5	7	3	1,9	1,5	2,5	4	5
	max	29	27,3	21	14	14,6	47	26	30	21
	m	11,28	11,52	14,65	7,49	6,7	5,78	12,64	12,11	13,44
	sd	2,17	3,51	2,14	2,33	2,97	4,73	5,07	4,83	2,96
Q	min	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	max	3	3	3	5	5	5	3	4	4
	m	1,16	1,17	1,12	1,28	1,33	1,75	1,42	1,69	1,68
	sd	0,55	0,59	0,51	0,64	0,64	0,89	0,56	0,7	0,77

Na zdrowotność drzew klonu pospolitego zasiedlających wybrane parki i lasy komunalne Poznania znaczący wpływ miał sposób ogrzewania zabudowań zlokalizowanych na terenach przyległych. Bliskość osiedli ogrzewanych paliwami kopalnymi, głównie węglem, mogła wpływać negatywnie na stan zdrowotny drzew badanego gatunku na terenie parków Poznania. Jednocześnie nie zanotowano potencjalnego negatywnego wpływu osiedli z centralnym systemem ogrzewania na stan zdrowotny badanego gatunku w parkach Poznania. Stwierdzono także korelację o charakterze stymulanta pomiędzy zdrowotnością drzew *A. platanoides* L. a lokalizacją w systemie klinowo-piścieniowym zieleni miejskiej Poznania. Drzewa badanego gatunku występujące na terenie klinów zieleni charakteryzowały się stanem zdrowotnym na poziomie I klasy, co mogło być spowodowane lepszą izolacją badanych elementów od centrum miasta (brak znaczącego wpływu czynników urbanizacyjnych) (ryc. 3).

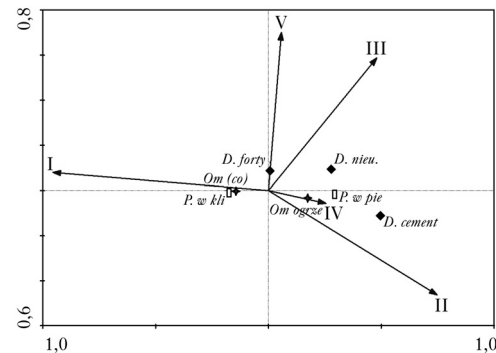
Zdecydowanie najlepszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się drzewa klonu pospolitego występujące w lasach komunalnych Poznania. Dobrym stanem zdrowotnym cechowały się osobniki zlokalizowane w Parku Tysiąclecia Państwa Polskiego oraz parku między Os. Czecha a Os. Rusa (ryc. 4). Parki te cechowały się optymalnymi warunkami lokalizacyjnymi, które wpłynęły na bardzo dobry stan zdrowotny badanego gatunku. W parkach im. Gustawa Manituusa oraz



Ryc. 2.

Zależność między stanem zdrowotnym klonów w parkach i lasach Poznania a ich lokalizacją, bliskością terenów przemysłowych, arterii komunikacyjnych oraz cieków i zbiorników wodnych
Relationship between health status of maples in urban forests and parks in Poznań and their localization, proximity of industrial areas, traffic routes and hydrographic objects

2000-3000 – oddalenie parku od centrum miasta; K1, K2 – bliskość jednej (dwóch) arterii komunikacyjnych; noP; P0,5; P1,5 – bliskość terenów przemysłowych (brak, <0,5 km, <1,5 km); C0, C1 – brak/bliskość cieków i zbiorników wodnych
2000-3000 – distance to city centre; K1, K2 – proximity of one (two) traffic routes; noP; P0,5; P1,5 – proximity of industrial areas (no, <0,5 km, <1,5 km); C0, C1 – lack/proximity of hydrographic objects



Ryc. 3.

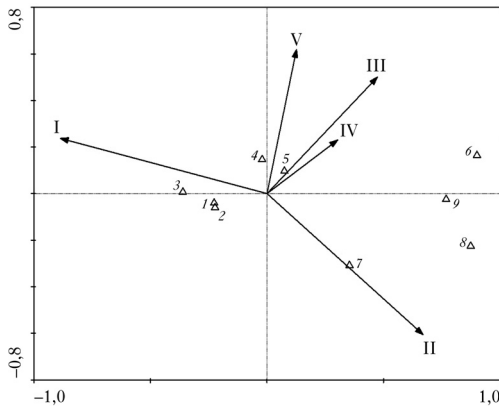
Zależność między stanem zdrowotnym klonów w parkach i lasach komunalnych Poznania a pierwowotnym użytkowaniem terenów, sposobem ogrzewania zabudowań zlokalizowanych na terenach przyległych oraz wpisaniem się w system zieleni miasta
Relationship between health status of maples in urban forests and parks in Poznań and primary form of land use; form of buildings heating and participation in system of the urban green

D. nieu. – dawne nieużytki, D. cement – dawne cementarze, D. forty – dawne forty; Om (co) – osiedla z centralnym ogrzewaniem, Om ogrze – osiedla ogrzewane paliwem kopalnym; P. w kli – parki wpisujące się w kliny zieleni, P. w pie – parki wpisujące się w pierścienie zieleni
D. nieu. – former barrens, D. cement – former cementaries, D. forty – former forthills; Om (co) – central heating, Om ogrze – fossil fuel heating; P. w kli – included in the green wedge, P. w pie – included in the green rings

im. Jana Pawła II drzewa *A. platanoides* L. charakteryzowały się najgorszym stanem zdrowotnym w porównaniu z innymi badanymi obiektami. Najlepszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się osobniki młode, należące do przedziałów wiekowych 41-70. Najgorszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się klony w wieku od 111 do 120 lat. Największą liczbę osobników należących do IV klasy zdrowotności stanowiły drzewa w wieku 21-30 lat oraz 31-40 lat, co wskazuje na niewielką odporność najmłodszych drzew tego gatunku na warunki miejskie. III klasa zdrowotności reprezentowana była głównie przez klony w wieku powyżej 121 lat (ryc. 5).

Dyskusja

Drzewa *A. platanoides* L. są często sadzone w miastach jako drzewa alejowe lub parkowe, ponieważ są one wytrzymałe lub umiarkowanie wytrzymałe na warunki panujące na terenach zurbanizowanych oraz na zanieczyszczenia w mieście [Boratyński, Filipiak 1999]. Badania przeprowadzone w latach 2010-2013 potwierdziły te dane, jednakże wykazały również, że bardziej wytrzymałe na warunki miejskie były drzewa rosnące na terenie lasów komunalnych niż okazy występujące w parkach. Zwraca się także uwagę na fakt, że *A. platanoides* L. cechuje się dużą żywotnością na terenach zurbanizowanych, znajdujących się pod wpływem zanieczyszczeń przemysłowych, jednak jest gatunkiem mniej odpornym na zanieczyszczenie gleby i powietrza związkami azotu od *A. pseudoplatanus* L. oraz *A. negundo* L. [Rutkowski 1991; Kowalkowski i in. 1994]. Ze względu na wysoką odporność na działanie SO_2 i umiarkowaną odporność na zanieczyszczenie fluorem

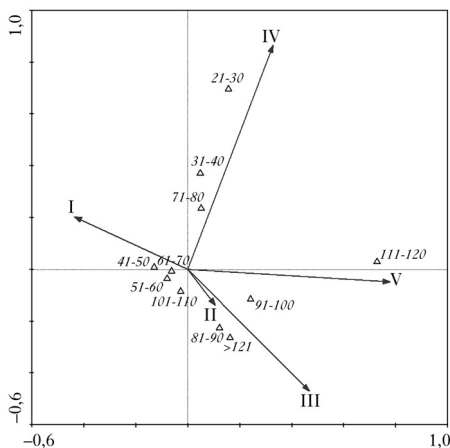


Ryc. 4.

Zależność między stanem zdrowotnym klonów w parkach i lasach komunalnych Poznania a obiektem badań

Relationship between health status of maples in urban forests and parks in Poznań and investigated object

numeraacja obiektów zgodna z ryciną 1; objects according to figure 1



Ryc. 5.

Zależność między stanem zdrowotnym klonów w parkach i lasach Poznania a wiekiem poszczególnych osobników

Relationship between health status of maples in urban forests and parks in Poznań and their age

może być również sadzony na terenie dużych miast i w okręgach przemysłowych [Al Gharbi, Hipkins 1984; Larcher 1995; Tumiłowicz 1999]. Badania przeprowadzone w latach 2010-2013 wykazały jednak, że zdecydowanie lepszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się drzewa omawianego gatunku rosnące na stanowiskach o potencjalnie mniejszym zanieczyszczeniu tymi związkami. Stan zdrowotny drzew *A. platanoides* L. rosnących na terenie miasta, w pobliżu ośrodków przemysłowych oraz innych źródeł zanieczyszczeń był oceniany jako średni lub zły, podczas gdy drzewa rosnące na terenie lasów komunalnych i klinów zieleni Poznania charakteryzowały się najlepszą zdrowotnością. Związane może to być z większą odpornością na antropopresję wynikającą z większej powierzchni obszarów leśnych, a tym samym z większych właściwości buforujących. Podobne wyniki uzyskali w swych badaniach Nowak i in. [2006] oraz Yang i in. [2005]. Szczególnie ważną rolę w bioregulacji zanieczyszczeń odgrywają lasy miejskie w dużych aglomeracjach, co potwierdzają badania Baumgardnera i in. [2012].

Drzewa *A. platanoides* L. wykazują się wysokim stopniem tolerancji (wyższym niż drzewa *Quercus robur* L.) na toksyczne działanie metali ciężkich – Cu, Cd, Zn, Pb i Ni [Watmough, Dickinson 1995; Krzyżaniak i in. 2013]. Obserwacje wykazały także, że drzewa z rodzaju *Acer* są stosunkowo tolerancyjne na wpływ pyłów węglowych i pyłów zawierających toksyczne sole metali, jednakże *A. platanoides* L. charakteryzuje się mniejszą tolerancją na tego typu skażenia [Rachwał 1983]. Dane te potwierdzone zostały w trakcie badań terenowych przeprowadzonych w latach 2010-2013 w Poznaniu. Autorzy zwracają uwagę na ujemną korelację pomiędzy zanieczyszczeniem powietrza a stanem zdrowotnym drzew badanego gatunku: większą w parkach miejskich, a zdecydowanie mniejszą na stanowiskach leśnych.

Co ważne – stwierdzono, że bardziej odporne na stres wywołany czynnikami abiotycznymi są starsze okazy *A. platanoides* L. [Karolewski 1999]. Wyników tych nie potwierdziły dane zebrane podczas badań wykonanych w latach 2010-2013. Stwierdzono, że najlepszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się drzewa *A. platanoides* L. w przedziale wiekowym 40-70 lat, rosnące zarówno na stanowiskach w lasach komunalnych, jak i w parkach niezabytkowych Poznania.

Podsumowanie

Najlepszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się osobniki klonu pospolitego w lasach komunalnych, natomiast najgorszym rosnące w parku im. Jana Pawła II. Lepszy stan zdrowotny klonów zasiedlających lasy komunalne Poznania (w porównaniu z parkami) może być spowodowany większą powierzchnią tych obiektów, co tworzy lepszą izolację lasów od obszarów otaczających (będących potencjalnym zagrożeniem). Najgorszym stanem zdrowotnym charakteryzowały się osobniki klonu pospolitego rosnące na terenie obiektów zlokalizowanych w pobliżu terenów przemysłowych (w odległości <0,5 km). Drzewa badanego gatunku rosnące w parkach zlokalizowanych na terenie dzielnic opalanych paliwami kopalnymi wykazały zdecydowanie gorszy stan zdrowotny od klonów rosnących w parkach na terenie dzielnic mieszkaniowych z centralnym ogrzewaniem. Pośrednio wskazuje to na niekorzystny wpływ zanieczyszczenia powietrza SO_x oraz NO_x na stan zdrowotny *A. platanoides* L. w Poznaniu. Osobniki z przedziału wiekowego 41-70 lat cechowały się najlepszym stanem zdrowotnym, natomiast najgorszą kondycją zdrowotną – bliską V klasie – charakteryzowały się osobniki z przedziału wiekowego 111-120 lat.

Literatura

- Aasamaa K., Sober A. 2001. Hydraulic conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in six deciduous tree species. *Biologia Plantarum* 44 (1): 65-73.
- Al Gharbi A., Hipkins C. R. 1984. Studies on nitrate reductase in british angiosperm. I. A comparison of nitrate reductase activity in ruderale, woodland-edge and woody species. *New Phytol.* 97: 629-639.

- Baumgardner D., Varela S., Escobedo F. J., Chacalo A., Ochoa C. 2012. The role of peri-urban forest on air quality improvement in the Mexico City megalopolis. *Environmental Pollution* 163 (2012): 174-183. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.12.016.
- Bengtsson R. 1998. Stadsträd från A-Z. SLU, Alnarp. Stad & Land 154.
- Boratyński A. 1999. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. W: Klony. Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe. Tom 18. Polska Akademia Nauk. Instytut Dendrologii w Kórniku. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań.
- Boratyński A., Filipiak M. 1999. Zarys ekologii. W: Klony. Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe. Tom 18. Polska Akademia Nauk. Instytut Dendrologii w Kórniku. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań.
- Borecki T., Keczyński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT, Warszawa.
- Dister E. 1983. Zur Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen an lehmigen Standorten. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*. 10: 325-336.
- Dmyterko E. 1999. Kryteria oceny uszkodzenia drzewostanów bukowych. *Sylvan* 143 (9): 31-45.
- Ellenberg H. 1991. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (ohne Rubus). W: Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. Zeigerwerte von Pflanzen im Mitteleuropa. *Scripta Geobot.* 18: 9-166.
- Grimstad S. O. 1985. Jordarbeiding, kalking og gjødsling til lignoser og gras I sterkt forurenselt industrimiljø. *Forskning og Forsok i Landbruket* 36 (3): 117-125.
- Jackowiak B. 1998. Struktura przestrzenna flory dużego miasta. Studium metodyczno-problemowe. *Prace Zakł. Taksonomii Roślin UAM w Poznaniu* 8: 1-227.
- Karolewski P. 1999. Wrażliwość na czynniki abiotyczne. W: Klony. Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe. Tom 18. Polska Akademia Nauk. Instytut Dendrologii w Kórniku. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań.
- Kosmala M., Roslon-Szeryńska E., Suchocka M. 2009. Metoda oceny kondycji drzew z uwzględnieniem bezpieczeństwa i uszkodzeń mechanicznych. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa, Warszawa.
- Kowalkowski A., Miazga S., Strykowski J. 1994. Wyniki 20-letniej obserwacji nad względną odpornością wybranych gatunków drzew i krzewów na trwałą imisję azotową. III Krajowe Sympozjum, Kórnik. 313-324.
- Krzyżaniak M., Świerk D., Urbański P., Walerzak M. T. 2013. Evaluation of the effect of environmental variables on health condition of *Quercus robur* L. in parks. *Ecological Chemistry and Engineering S* 20 (4): 689-700. DOI: 10.2478/eces-2013-0047.
- Larcher W. 1995. Plants under stress. W: Physiological plant ecology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hong Kong, London, Milan, Paris, Tokyo. 321-448.
- Lepš J., Šmilauer P. 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press.
- Nowak D. J., Crane D. E., Stevens J. C. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening* 4: 115-123. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.
- Podlaski R., Żelezik M. 2012. Ocena kondycji modrzewia *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin i innych gatunków drzew na Chełmowej Górze w Świętokrzyskim Parku Narodowym. *Sylvan* 156 (3): 170-181.
- Prentice I. C., Helmisaari H. 1991. Silvics of north European trees: Compilation, comparisons and implications for forest succession modeling. *For. Ecol. Manage.* 42: 79-93.
- Rachwał L. 1983. Tolerance variability of trees and shrubs to high concentrations of SO₂ and heavy metals. *Aquilo Ser. Bot.* 19: 342-353.
- Roloff A. 1989. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Frankfurt am Main: Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt.
- Roloff A., Korn S., Gillner S. 2009. The Climate-Species-Matrix to selected tree species for urban habitats considering climate change. *Urban Forestry & Urban Greening* 8: 295-308. DOI: 10.1016/j.ufug.2009.08.002.
- Rutkowski B. 1991. Żywność gatunków drzew w wielogatunkowych lasach liściastych na Jurze w okolicach Krakowa. *Zeszyty Nauk A.R. w Krakowie* 254, *Leśnictwo* 20: 95-105.
- Supuka J. 1995. Vplyvy posypových solí na drevinu. Vedecké a pedagogické aktuality. Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene 6: 1-69.
- Supuka J., Chladná A. 1995. Vplyv antropickej activity sídelno-priemyselnej aglomerácie Nováky-Zemianske Kostolany-Prievidza na kvalitu drevnín sídelnej vegetácie Hornonitrianskeho region. *Rosalia (Nitra)* 10: 35-48.
- Szczepkowski A., Tarasiuk S. 2005. Health status of threatened European beech (*Fagus sylvatica* L.) stands in Poland. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 4 (1): 71-85.
- Szewczyk W., Czeryba Z. 2010. Ocena zdrowotności dębu na podstawie stopnia ubytku aparatu asymilacyjnego wybranych drzewostanów dębowych Nadleśnictwa Wołów. *Sylvan* 154 (2): 100-106.
- Tumiłowicz J. 1999. Klony w zadrzewieniach. W: Klony. Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe. Tom 18. Polska Akademia Nauk. Instytut Dendrologii w Kórniku. Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań.
- Watmough S. A., Dickinson N. M. 1995. Dispersal and mobility of heavy metals in relation to tree survival in an aerially contaminated woodland soil. *Environ. Pollut.* 90 (2): 135-142.

- Wojtan R., Bystrowski C., Tomusiak R., Zasada M. 2006. Ocena stanu zdrowotnego drzewostanów sosnowych po gradacji ochojnika sosnowego (*Pinus pini* L.) w nadleśnictwach Łuków i Ostrów Mazowiecka. Sylwan 150 (8): 11-19.
- Wyżgolik B. 1992. Oddziaływanie par smołowych i pakowych na rośliny. Wiadomości Bot. 36 (1/2): 47-51.
- Yang J., McBride J., Zhou J., Sun Z. 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. Urban Forestry & Urban Greening 3: 65-78. DOI: 10.1016/j.ufug.2004.09.001.