

REKOMPENSUJĄCY WPŁYW WOLNEJ, NIEUTWARDZONEJ POWIERZCHNI GLEBY WOKÓŁ DRZEW NA ICH ROZWÓJ W WARUNKACH ŚRODOWISKA MIEJSKIEGO, NA PRZYKŁADZIE KASZTANOWCA BIAŁEGO *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.

SZYMON ŁUKASIEWICZ¹, JACEK OLEKSYN²

¹Ogród Botaniczny UAM, ul. Dąbrowskiego 165, 60-594 Poznań

²Instytut Dendrologii PAN, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Abstract: The article explains the significance of the unpaved soil surface area surrounding trees for their effective growth. It shows the effect of the unpaved soil surface area on different parameters of the environment e.g. temperature, atmosphere humidity, humus accumulation and microbiological activity of soil. The possibility of infiltration of atmospheric precipitation, gas exchange between soil and the atmosphere as well as the earlier mentioned features ensures: greater transpiration rates; larger leaf surface area; increase of shoot length, measured annually; greater tree crown diameter. Additionally, unpaved soil encourages the proper course and duration of phenological phases.

Keywords: unpaved soil surface area, compensating factor, municipal conditions, city's ecology, *Aesculus hippocastanum* L.

WSTĘP

Warunki życia roślin w mieście, zwłaszcza drzew i krzewów, są bardzo niekorzystne. Negatywne zmiany środowiska obejmują większość jego komponentów. Dotyczy to zmienionych warunków klimatycznych, hydrologicznych oraz degradacji gleby i szaty roślinnej. W środowisku miejskim polepszenie warunków siedliska możliwe jest tylko przez radykalną poprawę warunków glebowych. Obok jakości podłoża decydującym czynnikiem jest nieutwardzona powierzchnia gleby. Dotychczas nie była ona należycie uwzględniana zarówno na etapie planowania urbanistyczno-architektonicznego, jak i przez osoby projektujące oraz realizujące zieleń. Z badań wynika, iż w znacznym stopniu jest ona dla roślin czynnikiem rekompensującym, tj. łagodzącym niekorzystne warunki środowiska miejskiego. W literaturze czynnik ten został zauważony i wyodrębniony w pracy Siuty i Kucharskiej (1997), jednakże bez wyszczególnienia czynników środowiska i ukazania ich zależności od nieutwardzonej powierzchni gleby. Niniejszy artykuł podkreśla wielostronne, korzystne oddziaływanie naturalnych

nawierzchni na rozwój roślin. Zaznacza się w takich przypadkach kompleksowy wpływ nieutwardzonych powierzchni wokół drzew na wiele komponentów ich środowiska: od właściwości gleby i atmosfery, poprzez parametry fizjologiczne, na cechach biometrycznych roślin kończąc.

MATERIAŁ I METODY

Prezentowane w artykule wyniki uzyskano w latach 1995–1999 w trakcie badań wpływu wybranych czynników środowiska zurbanizowanego na rozwój kasztanowca zwyczajnego (białego) *Aesculus hippocastanum* L. w warunkach miejskich Poznania (Łukasiewicz 2002). Gatunek ten, jako przedstawiciel dendroflory występującej w aglomeracjach miejsko-przemysłowych, stanowił wygodny obiekt badań ze względu na jego dużą wrażliwość na niekorzystne zmiany w środowisku zurbanizowanym. Wybrano 21 stanowisk w obrębie szeroko rozumianego centrum Poznania, na terenie cechującym się jednakową emisją zanieczyszczeń w przeliczeniu na SO₂ (ryc. 1). Wśród badanych powierzchni stanowisko w Ogrodzie Botanicznym UAM traktowane było jako powierzchnia kontrolna. Czynnikiem różnicującym poszczególne stanowiska była m.in. wielkość nieutwardzonej pokrywy glebowej, która, jak wykazano w niniejszym artykule, wpływa na zmiany wielu parametrów środowiska. Zaobserwowano duże, istotne różnice w reakcjach drzew na oddziaływanie czynników-stresorów środowiska miejskiego. Obserwowane zmiany stanu zdrowotnego roślin dotyczyły, wyrażonych liczbą dni, długości trwania poszczególnych faz fenologicznych (fazy listnienia, kwitnienia, owocowania itp.).

W celu powiązania dynamiki zmian wybranych parametrów atmosfery z kondycją roślin na każdym z 21 stanowisk (ryc. 1) w marcu 1999 r. zainstalowano mikrorejestratory temperatury i wilgotności powietrza (Hobo Pro Series Data Loggers, Onset Computer Corporation, USA). Dokonywały one zapisów czterech parametrów: wilgotności względnej (%) i bezwzględnej (g) oraz temperatury aktualnej (°C) i temperatury punktu rosy (°C). Pomiary dokonywane były od 10 marca do 12 grudnia 1999 r. Czujniki zostały zaprogramowane na zapisywanie danych co godzinę. Biorąc pod uwagę charakter parametrów pogodowych, umożliwiło to ich zapisywanie praktycznie w sposób ciągły.

Niedosyt wilgotności powietrza obliczono, korzystając z uzyskanych danych, stosując wzór podany przez Kędziórę (1999):

$$e_s = 6,123 \exp(17,25t/t + 237,20) [\text{hPa}], \exp \approx 2,72$$

gdzie:

e_s – prężność pary wodnej,

t – wartość temperatury.

Do wzoru w miejsce temperatury t można było wstawić dwa rodzaje danych: temperaturę aktualną i temperaturę punktu rosy. Niedośyt wilgotności obliczono jako

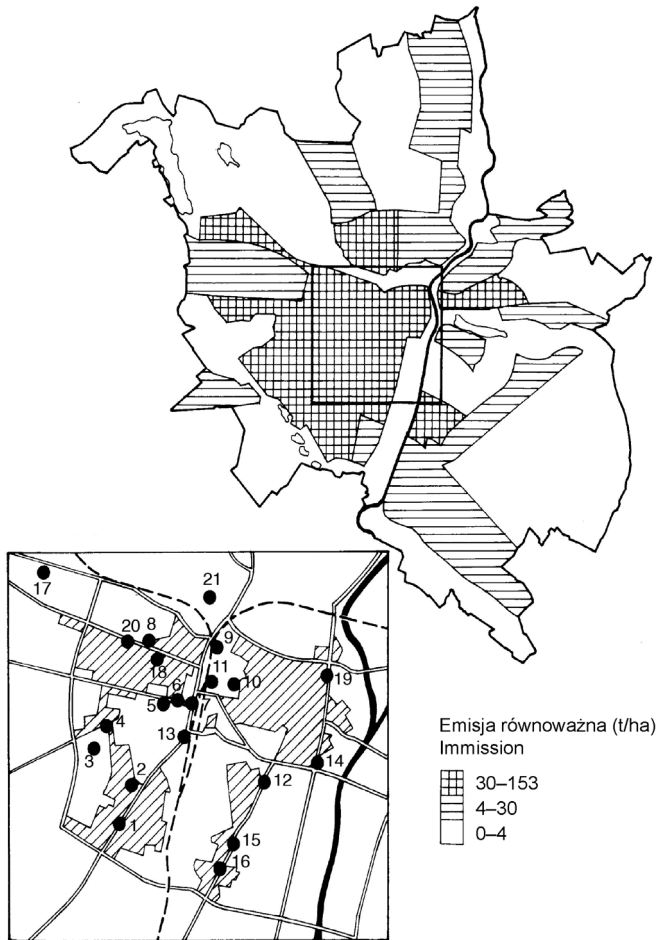
$$\Delta e = e_T - e_{DP}$$

gdzie:

Δe – niedośyt wilgotności powietrza,

e_T – ciśnienie pary wodnej w aktualnie występującej temperaturze,

e_{DP} – ciśnienie pary wodnej w warunkach (temperaturze) nasycenia.



Ryc. 1. Rozmieszczenie 21 stanowisk badawczych kasztanowca zwyczajnego (białego) *Aesculus hippocastanum* L. na terenie Poznania na tle obciążenia powietrza emisją zanieczyszczeń

Fig. 1. Location of 21 sites of horse chestnut, *Aesculus hippocastanum* L. in Poznań in relation to pollution immission

Badania rytmiki sezonowej roślin na 21 stanowiskach oparte były na metodyce obserwacji fenologicznych wraz z przyjętymi modyfikacjami (A. Łukasiewicz 1984; Sz. Łukasiewicz 1999).

Wymiana gazowa liści kasztanowca zwyczajnego była mierzona za pomocą przenośnego analizatora CO₂ w podczerwieni (LCA-3, Analytical Development Corporation Hoddesdon, Anglia), pracującego w systemie otwartym. Pomiaru dokonywano na nieodciętych liściach, w warunkach polowych, przy użyciu kuwet Parkinsona typu PLC-B. Pomiaru wymiany gazowej wykonano przy nielimitującym natężeniu oświetlenia, 1248 mmol · m⁻² · s⁻¹ (± 11 SE), temperaturze 26,4°C (± 0,1 SE) i względnej wilgotności powietrza 40,5% (± 0,8% SE). W trakcie wykonywania pomiarów stężenie dwutlenku węgla wynosiło 397 mmol · mol⁻¹ powietrza (± 4,7 SE). Wszystkie pomiary wykonane zostały na ośmiu stanowiskach, reprezentowanych przez dwa drzewa, z których pobierano do analiz po pięć liści z oświetlonej części korony, z wysokości od 3 do 4 m. Natężenie transpiracji (*E*) wyrażono w mmol · m⁻² · s⁻¹. Pomiary wymiany gazowej dotyczyły drzew z ośmiu stanowisk: aleja Wielkopolska, Bema, Dominikańska, Grunwaldzka I, Matejki, Noskowskiego, Ogród Botaniczny i Wojskowa. Prowadzone, trzy lata wcześniej, badania rytmiki sezonowej roślin wykazały tam bowiem największe zróżnicowanie długości trwania i intensywności pojavów fenologicznych wśród obserwowanych 21 stanowisk.

Badania biometryczne oraz analizy chemiczne gleby i liści były prowadzone na 21 stanowiskach.

Pomiary powierzchni liści wykonane były przy użyciu skanera ScanJet 6100CT, z zastosowaniem programu komputerowego *WinNeedle* (wersja 3.5, Regent Instruments INC., Quebec, Kanada). Liście do pomiarów były zbierane w połowie lipca i sierpnia z wysokości 3–4 m, przy użyciu wyciętnika teleskopowego.

Pomiary promienia korony dokonywano z wykorzystaniem geodezyjnej taśmy mierniczej z dokładnością do 10 cm.

Pomiary wolnej powierzchni gleby wokół drzew zostały wykonane w odległości 2 *r*, od pnia drzewa (*r* – promień korony).

Zawartość węgla organicznego była określana według metody Tiurina (Moczek i in. 1997).

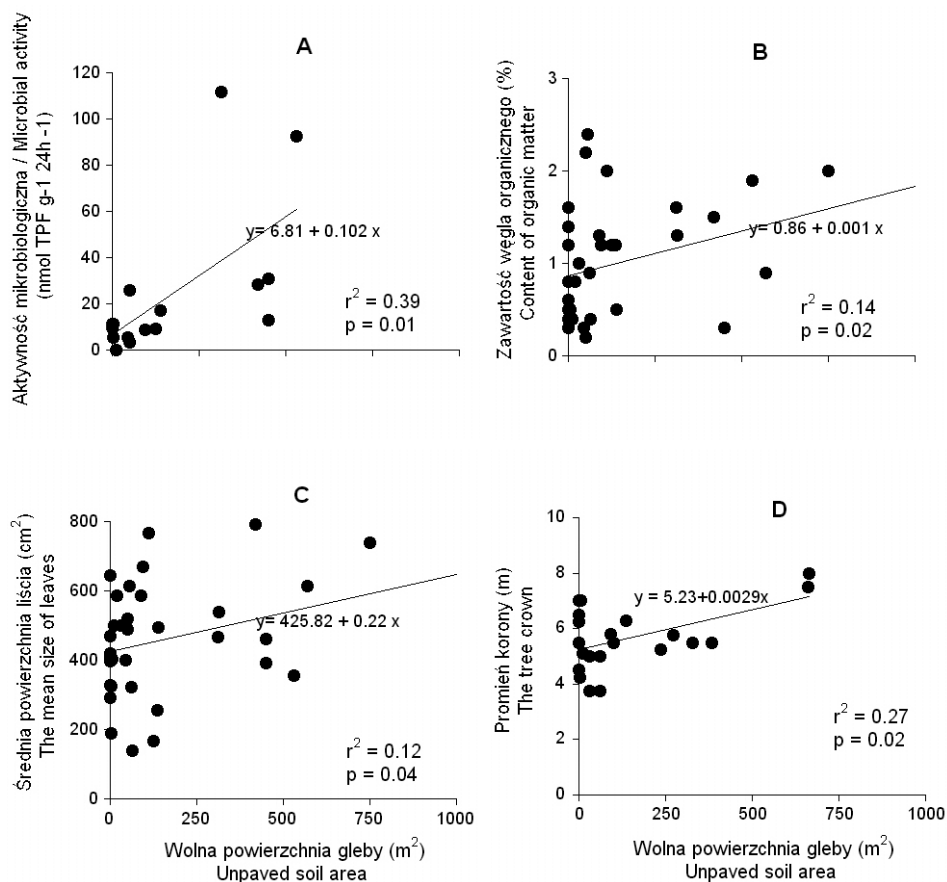
Analizy chemiczne gleby (formy „łatwo dostępne”, tzw. aktywne) wykonywane były metodą uniwersalną (zmodyfikowana metoda Spurwaya–Lawtona), zaproponowaną przez Nowosielskiego (Nowosielski 1974, 1978; IUNG 1983; Breś i in. 2003).

Analizy chemiczne liści były wykonywane standardowymi metodami stosowanymi w stacjach chemiczno-rolniczych (IUNG 1972).

Aktywność mikrobiologiczna gleby została wyrażona jako aktywność niespecyficznej dehydrogenazy gleby (mmol TPF · g⁻¹ · 24h), według metodyki podanej przez von Thalmanna (1968). Pomiarów aktywności mikrobiologicznej dokonano na ośmiu stanowiskach wyszczególnionych w opisie wymiany gazowej.

DYSKUSJA WYNIKÓW

W trakcie badań stwierdzono, że na losowo wybranych 21 stanowiskach kasztanowca białego na terenie miasta aż u 30% drzew wolna, nieutwardzona powierzchnia gleby wokół nich jest niedostateczna i wynosi tylko od 1 do 6 m², co jest jedną z przyczyn niekorzystnego rozwoju drzew na wielu stanowiskach w warunkach miejskich. Warto przy tym pamiętać, iż korzenie drzew rozprzestrzeniają się w odległości od 2 do 4 razy większej od promienia korony (Miller 1996, za Kosmałą 2001). Zachowanie wokół drzew wolnej, nieutwardzonej powierzchni gleby należy do podstawowych czynników warunkujących ich dobry rozwój. Uzasadnia to projektowanie zieleni na etapie „przedwstępnym”, tj. przed projektowaniem technicznej infrastruktury podziemnej: gazowej, wodnej, energetycznej itp. (Sołowiej 1991). Zgodnie z danymi z literatury, aby zrekompensować roślinom negatywny wpływ warunków środowiska miejskiego, dostateczna wielkość nieutwardzonej powierzchni gleby pod drzewami nie powinna być mniejsza od 9 m², co w stopniu minimalnym zabezpiecza roślinom warunki dla pomyślnego rozwoju ich organów podziemnych. Postuluje się przy tym, by była ona nie mniejsza od rzutu korony dorosłego drzewa (A. Łukasiewicz 1989; Siewniak 1996; Łukasiewicz, Oleksyn 2003). Tej wielkości powierzchni, do 20 m², w klasyfikacji Siuty i Kucharskiej (1997) zaliczane są do bardzo małych, minimalnych arealów gleby. Degradacja tych powierzchni jest wynikiem wielostronnego, negatywnego oddziaływania sztucznych nawierzchni w ich otoczeniu. Nieprzepuszczalne podłoże wokół drzew wywołuje bowiem szereg niekorzystnych zmian, które pogarszają warunki życiowe roślin. W wyniku tego wyeliminowana zostaje infiltracja, tj. przesiąkanie wód opadowych w głąb podłoża, co prowadzi do obniżania się poziomu wód gruntowych. To z kolei zmniejsza możliwość korzystnego dla roślin podsiąkania kapilarnego, czyli samoistnego wznoszenia wody z warstw głębszych ku górze. Nieprzepuszczalna powierzchnia wokół drzew skrajnie ogranicza wymianę gazową gleby z atmosferą, powodując gromadzenie się w podłożu dwutlenku węgla oraz innych gazów powstających w środowisku glebowym. W takich warunkach niemożliwy jest także proces samonawożenia, prowadząc z czasem do całkowitego wyjaławiania gleb oraz spadku ich aktywności biologicznej (ryc. 2A). Sztuczne nawierzchnie ponadto odznaczają się skrajnymi wartościami albedo, tj. procentu światła odbitego od powierzchni. Zarówno odbicie promieniowania (w przypadku nawierzchni betonowych), jak i jego nadmierne pochłanianie przez nawierzchnie asfaltowe prowadzą do wzrostu temperatury powietrza nawet do kilkudziesięciu stopni w bezpośrednim otoczeniu drzew (A. Łukasiewicz 1989). Efektem tego jest zwiększenie wartości temperatur, zarówno maksymalnych, jak i średnich. Wzrost temperatury powietrza zmniejsza przy tym jego wilgotność względną, zwiększając tzw. niedosyt wilgotności, który jest proporcjonalny do siły ssącej atmosfery w stosunku do wilgoci. Wymienione zjawiska pogłębiają

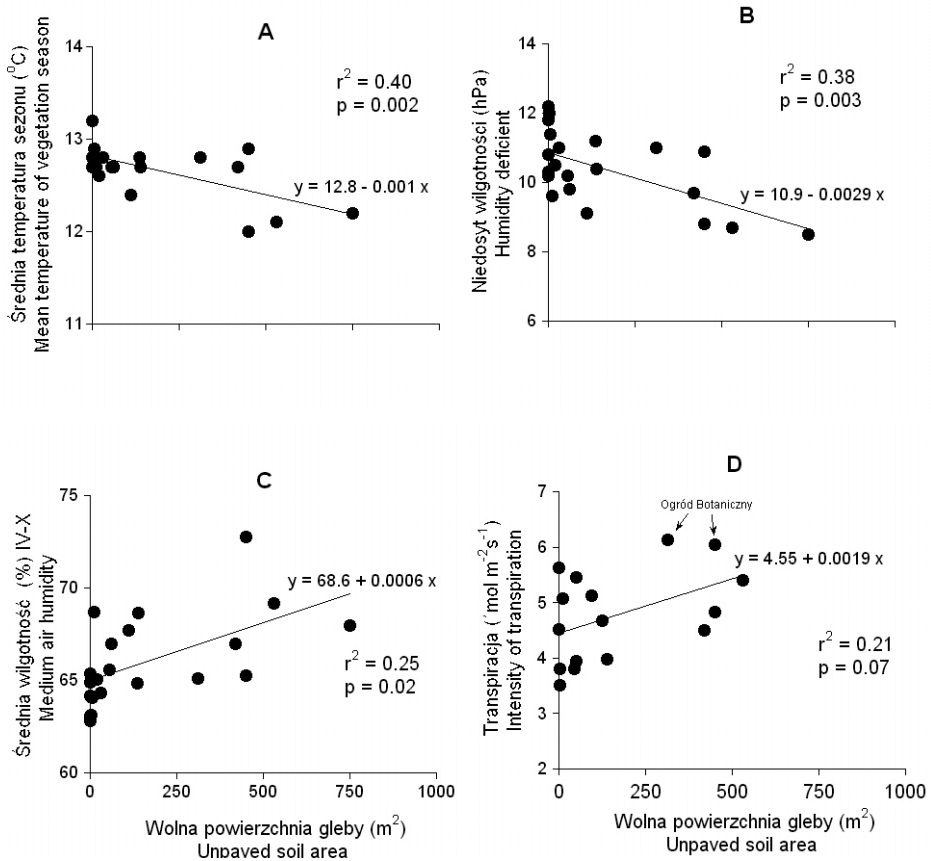


Ryc. 2. Wpływ nieutwardzonej powierzchni gleby wokół drzew (m²) na aktywność mikrobiologiczną (A) i zawartość węgla organicznego (B) w wierzchniej warstwie gleby 0–30 cm oraz na średnią powierzchnię liścia (C) i promień korony (D). Dane dla stanowisk kasztanowca zwyczajnego *Aesculus hippocastanum* L. na terenie Poznania

Fig. 2. The effect of unpaved soil surface surrounding a tree (m²) on the microbial activity (A) and content of organic matter (B) in the top layer of soil (0–30 cm) as well as on the mean size of leaves (C) and of the tree crown (D). Data collected from 21 horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) locations in Poznań

deficyt wody dla roślin w środowisku miejskim, z reguły już ubogim w wilgoć. Reasumując, wolna i nieutwardzona powierzchnia gleby wokół drzew jest ujemnie skorelowana ze średnią, minimalną i maksymalną temperaturą powietrza oraz z niedosytem jego wilgotności. Dodatkowo natomiast jest skorelowana zarówno ze względną, jak i bezwzględną wilgotnością powietrza (ryc. 3A–C).

Opisany proces uzmysławia negatywny wpływ zabetonowanej bądź zaasfaltowanej powierzchni na rośliny. Dowodem tego jest m.in. zmniejszenie



Ryc. 3. Wpływ wolnej, nieutwardzonej powierzchni gleby wokół drzew (m²) na średnie wartości: temperatury (A), niedosytu wilgotności (B) i wilgotności powietrza (C) w sezonie wegetacyjnym IV–X oraz na natężenie transpiracji (D). Dane dla stanowisk kasztanowca zwyczajnego *Aesculus hippocastanum* L. na terenie Poznania

Fig. 3. The effect of unpaved soil surface surrounding *Aesculus hippocastanum* trees (m²) on mean temperature (A), humidity deficiency (B) and air humidity (C) during a vegetation season (April–October) as well as on the intensity of transpiration (D). Data for 21 horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) locations in Poznań

rocznych przyrostów pędów u drzew, będące reakcją roślin na warunki środowiska zurbanizowanego. Korelacje cech biometrycznych z wielkością powierzchni gleby wokół pni wykazały statystycznie istotne zależności. Wśród badanych w Poznaniu osobników kasztanowca zwyczajnego z 21 powierzchni biologicznie czynna powierzchnia wokół drzew była istotnie skorelowana z: długością rocznych przyrostów pędów, wielkością liści, obwodami pni oraz wysokością drzew i wielkością ich koron (ryc. 2C–D). Wszystkie wymienione zależności

obrazują dodatni wpływ wolnej, nieutwardzonej powierzchni gleby zarówno na jakość środowiska glebowego (ryc. 2B), rozumianą jako zawartość węgla organicznego (próchnicy), jak i na ogólny rozwój roślin. Wynikiem tego są wielkości przyrostów rocznych, które budują koronę drzewa (ryc. 2D).

Przedstawione zależności mają także istotne znaczenie praktyczne. Wskazują, że przy planowaniu nasadzeń kasztanowców w śródmieściach należy brać pod uwagę negatywny wpływ zabetonowania bądź zaasfaltowania powierzchni gleby na rozwój wysadzanych drzew. W warunkach skrajnego ograniczenia powierzchni biologicznie czynnej stałemu pogorszeniu ulega jakość środowiska glebowego. Wpływa to bezpośrednio na kondycję oraz ogólny stan zdrowotny roślin. Dlatego powinno się unikać sadzenia osobników tego gatunku w ciasnych tzw. misach chodnikowych. Nieuwzględnienie tego warunku grozi sukcesywnym zamieraniem drzew już w młodym wieku i utratą ich walorów dekoracyjnych oraz funkcji sanitarno-klimatycznych. W pełni uzasadnia to troskę o utrzymanie odpowiedniej nawierzchni i jakości środowiska glebowego wokół drzew w mieście.

WNIOSKI

1. Wielkość wolnej, nieutwardzonej powierzchni gleby wokół drzew ma decydujący wpływ na ich prawidłowy rozwój oraz pełnione funkcje w środowisku miejskim.
2. W środowisku zurbanizowanym dostatecznie duża, nieutwardzona powierzchnia gleby pod drzewami jest czynnikiem rekompensującym negatywny wpływ warunków miejskich. Wyrazem tego jest ich lepszy stan zdrowotny, mierzony długością ulistnienia oraz wielkością liści, a także długością rocznych przyrostów pędów i promieniem korony.
3. Wielkość powierzchni gleby wokół drzew bezpośrednio wpływa na: zróżnicowanie średnich temperatur (w tym maksymalnych i minimalnych), wilgotność oraz niedosyt wilgotności powietrza, a także na natężenie transpiracji. Korelacje w tych przypadkach wykazały istotne zależności statystyczne.
4. Za konieczne w środowisku miejskim należy uznać zabiegi agrotechniczne poprawiające jakość środowiska glebowego. Należą do nich m.in. mulczowanie oraz nawożenie gleby wokół drzew. Poprawiają one strukturę fizyczną gruntu, umożliwiają infiltrację wód opadowych, ułatwiają wymianę gazową gleby z atmosferą, zwiększają zasobność i aktywność biologiczną substratu oraz zapobiegają nadmiernemu zagęszczeniu podłoża (Oleksyn i in. 2001; Łukasiewicz, Oleksyn 2003).
5. Celem zachowania właściwej struktury podłoża wokół drzew i ochrony środowiska glebowego uzasadnione jest grodzenie roślin w postaci poręczy, murków, płotków itp. (wysokie krawężniki, ogrodzenia wokół drzew).

6. Projektując nowe założenia architektoniczno-urbanistyczne należy przyjąć wielkość (10) 20 m² jako minimalną, nienaruszalną powierzchnię dla egzystencji roślin. Na tej powierzchni powinien obowiązywać zakaz wszelkich ingerencji i prowadzenia inwestycji zarówno w warstwie gleby, jak i podglebia.

LITERATURA

- Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E., Tyksiński W. (2003): Nawożenie roślin ogrodniczych. Ss. 188. Wyd. AR w Poznaniu. Poznań.
- IUNiG (1972): Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. II. Badania materiału roślinnego. Ss. 97. Puławy.
- IUNiG (1983): Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. IV. Badanie gleb, ziem i podłoży oraz części wskaźnikowych roślin w celach diagnostycznych. Ss. 85. Puławy.
- Kędziora A. (1999): Podstawy agrometeorologii. Ss. 364. PWRiL. Poznań.
- Kosmala M. (2001): Systemy korzeniowe drzew. Fakty i mity. [W:] Dmuchański W., Niekrasz K. (red.). Zieleni Warszawy – problemy i nadzieje: 57–72. Materiały konferencji naukowo-technicznej. Warszawa–Powsin.
- Łukasiewicz A. (1984): Potrzeba ujednolicenia metodyki fenologicznej w polskich Ogrodach Botanicznych i Arboretach. Biuletyn Ogrodów Botanicznych, Muzeów i Zbiorów. Wiadomości Botaniczne, 28(2): 153–158.
- Łukasiewicz A. (1989): Drzewa w środowisku miejsko-przemysłowym. [W:] Białobok S. (red.). Życie drzew w skażonym środowisku: 49–85. PWN. Warszawa–Poznań.
- Łukasiewicz Sz. (1999): Modyfikacja metody wykreślania diagramów fenologicznych drzew rosnących w warunkach miejskich. Biuletyn Ogrodów Botanicznych, 8: 37–42.
- Łukasiewicz Sz. (2002): Wpływ wybranych czynników na rozwój kasztanowca białego *Aesculus hippocastanum* L. w warunkach miejskich Poznania. Rozprawa doktorska. Wydział Biologii UAM. Poznań (mskr.).
- Łukasiewicz Sz., Oleksyn J. (2003): Nie tylko szrotówek zagraża kasztanowcom. *Aura*, 9: 16–18.
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P. (1997): Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Ss. 416. Wyd. AR w Poznaniu. Poznań.
- Nowosielski O. (1974): Metody oznaczania potrzeb nawożenia. Ss. 721. PWRiL. Warszawa.
- Nowosielski O. (1988): Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. Ss. 310. PWRiL. Warszawa.
- Oleksyn J., Łukasiewicz Sz., Żytkowiak R., Karolewski P. (2001): Opracowanie metody poprawy jakości troficznego siedliska na Alei Wielkopolskiej. Opracowanie wykonane na zlecenie Zarządu Zieleni Miejskiej w Poznaniu. Kórnik (mskr.).
- Siewiak M. (1996): Zabiegi pielęgnacyjne drzew kompensujące niekorzystne warunki środowiska na terenach zurbanizowanych. Materiały konferencji „Zieleni Warszawy – problemy i nadzieje”. Ogród Botaniczny PAN. Warszawa–Powsin.
- Siuta J., Kucharska A. (1997): Wieloczynnikowa degradacja ziemi w Polsce. Ss. 39. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.
- Sołowiej D. (1991): Terytorialne systemy rekreacyjne. UAM. Poznań (mskr.).
- Von Thalman A. (1968): Zur Methodik der Dehydrogenaseaktivität in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtschaftliche Forschung*, 21: 249–258.

HORSE CHESTNUT *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. IN URBAN CONDITIONS. THE BENEFICIAL EFFECTS OF THE UNPAVED SOIL SURFACE AREA AROUND TREES ON THEIR GROWTH IN CITIES

Summary

The article explains the significance of the unpaved soil surface area surrounding trees on their growth. It also shows the effect of the unpaved soil surface area on different parameters of the environment e.g. temperature, air humidity, humus accumulation and microbial activity of soil. Unpaved soil makes possible the infiltration of atmospheric precipitation, adequate gas exchange between soil and the atmosphere as well as: greater transpiration rates; larger leaf surface area; increase of shoot length; greater tree crown diameter.

In addition, only in sites with a large unpaved soil area is the proper pattern and duration of phenological phases in *A. hippocastanum* observed.

Living conditions for urban plants, trees and shrubs in particular, are very harsh. The vast majority of city areas are subject to negative environmental changes. Climatic and hydrological conditions and soil structure and chemistry are the most affected elements. In city centres, the only way of improving the habitat is through radical improvement of soil conditions. Here, the quality of substrate is of great importance, with unpaved soil surface being the decisive factor. However, this element has not been given enough attention by urban architects and urban horticulturists. In fact, unpaved soil is the most important compensating factor in preventing the negative effect of urban conditions on woody plants. In the paper a detailed description of relationships between the unpaved soil surrounding trees and a number of components of the plants' environment, for example the properties of soil and the atmosphere, physiological parameters and plants' biometric features are described.

According to our own data and the results of various studies, in order to reduce the negative effect of urban conditions on trees, each plant should have at least 9 m² of unpaved area around it. It has been suggested that the area should not be smaller than the shadow cast by the tree crown of a mature plant. Reduction of this area, usually by introduction of various artificial surfaces that are impervious to rain, causes a number of harmful changes in the soil surface which worsen the plants' living conditions. The unpaved soil surface area surrounding trees is negatively correlated with mean, minimum and maximum air temperatures and with poor air humidity. On the other hand, it is positively correlated with both relative and absolute air humidity. The biologically active surface area surrounding trees is clearly correlated with annual shoot growth, leaf size, stem and height growth, and the size of tree crowns.

Conclusions

1. The size of the unpaved soil surface area surrounding trees has a crucial impact on tree growth and functioning in an urban environment.
2. In urban conditions, the sufficient surface area of unpaved soil is an important factor that compensates for the negative urban conditions of the environment. This is evident by their good condition, expressed by the length and size of leaves as well as the length of annual shoot increment and the radius of the tree crown. (Fig. 2C–D)
3. The size of the soil surface area surrounding trees has a direct influence on:
 - temperature (including minimums and maximums),
 - humidity and humidity deficiency,
 - transpiration intensity.
4. To a large extent, correlations between the unpaved soil surface area and these traits were statistically significant (Fig. 3C–D).
5. The data presented underlined the importance of agrotechnical treatments which improve the soil, e.g. mulching and soil fertilisation to improve the soil's physical structure, enable infiltration of rainwater and gas exchange between the soil and the atmosphere. Additionally, mulching increases the quality and microbiological activity of the substrate and prevents it from excessive compaction.
6. In order to preserve the desired structure of soil and protect it, plants should be fenced off by railings, walls or barriers (high kerbs, fences around trees).
7. When designing new urban architecture projects a surface area of no less than 20 m² of soil surface area surrounding trees should be left unpaved. The soil and subsoil of this area should be excluded from all kinds of disturbances.

