

SKŁAD CHEMICZNY I MASA NASION NA TLE INTENSYWNOŚCI OWOCOWANIA KASZTANOWCA BIAŁEGO *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. W WARUNKACH MIEJSKICH POZNANIA

**Chemical composition and seeds mass in relation to intensity of fruiting
of white horse-chestnut *Aesculus hippocastanum* L. under urban conditions
of Poznań**

Szymon ŁUKASIEWICZ

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

Key words: *Aesculus hippocastanum* L., seeds, chemical composition, urbanized environment.

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki analiz chemicznych nasion kasztanowca białego, zebranych w 1998 roku z 20 stanowisk na terenie Poznania, na tle zróżnicowanej intensywności owocowania drzew na poszczególnych stanowiskach. Omówione zostały także zależności między składem chemicznym nasion i ich masą a wybranymi komponentami środowiska miejskiego. Wykazano brak istotnego zróżnicowania składu chemicznego nasion oraz dodatnie, istotne statystycznie zależności intensywności owocowania od zawartości form dostępnych fosforu w glebie, natomiast ujemne zależności od pH podłoża i zawartości w nim jonów wapnia. Masa nasion była dodatnio, istotnie statystycznie skorelowana z ogólną kondycją drzew, wyrażoną długością fazy listnienia, długością rocznych przyrostów pędów i radialnym przyrostem pnia, a także z zawartością N i S w liściach oraz N, S i K w nasionach. Ujemne zależności wykazano dla korelacji masy nasion z zawartością chloru w podłożu.

WSTĘP

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy uzyskano w latach 1995–1999, w trakcie badań na temat wpływu wybranych czynników środo-

wiska zurbanizowanego na rozwój kasztanowca białego *Aesculus hippocastanum* L., w warunkach miejskich Poznania (Łukasiewicz Sz. 2002). Gatunek ten, jako przedstawiciel dendroflory występującej w aglomeracjach miejsko-przemysłowych, stanowi dogodny obiekt badań ze względu na jego dużą wrażliwość na niekorzystne zmiany zurbanizowanego środowiska. Wyraźne reakcje osobników kasztanowca na oddziaływanie różnorodnych stresorów środowiska umożliwiają prześledzenie zmian stanu zdrowotnego roślin, określanego długością trwania poszczególnych faz fenologicznych.

W 1998 roku zebrano z terenu centrum Poznania nasiona kasztanowca białego z 20 różniących się siedliskowo stanowisk. Prowadzone równoległe analizy i badania wybranych parametrów środowiska umożliwiły poznanie czynników mających wpływ na skład chemiczny, intensywność owocowania oraz masę nasion kasztanowca białego.

METODY PRACY

Analizy składu chemicznego gleby

Analizy chemiczne przyswajalnych form makro- i mikroelementów wykonano według metody uniwersalnej (zmodyfikowana metoda Spurwaya-Lawtona, Nowosielski 1974, 1978; IUNG 1983; Breś i in. 1997), w powietrznie suchej glebie. Składniki pokarmowe: N (NH₄ i NO₃), P, K, Ca, Mg, S-SO₄, B oraz Na i Cl (zanieczyszczenia) ekstrahowano roztworem kwa-

su octowego (wyciąg 0,03 M CH₃ COOH), natomiast Fe, Mn, Zn, Cu, Pb i Cd ekstrahowano wyciągiem Lindseya.

Po ekstrakcji, poszczególne składniki pokarmowe oznaczano metodami:

- N-NH₄ – metodą mikrodestylacyjną wg Bremnera z mod. wg Starcka,
- N-NO₃ – z zastosowaniem elektrod jonoselektywnych,
- P – kolorymetrycznie z wanadomolibdenianem amonu,
- K, Ca, Na – fotometrycznie,
- S-SO₄ – nefelometrycznie,
- Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cl – atomową spektrometrią absorpcyjną (AAS),
- B – kolorymetrycznie z kurkumina.

Z każdego profilu pobierano próby glebowe co 30 cm do głębokości 1,20 m. Ze względu na to, iż grunty nasypowe cechuje zwykle przypadkowość uformowania warstw, nie można było opierać się na pobraniu prób tylko z jednego profilu. Dlatego też, aby uniknąć przypadkowych błędów w pobieraniu materiału, przy każdym drzewie nawiercano dwa profile, których

odpowiadające sobie warstwy mieszano z sobą. Analizowano 15 makro- i mikroelementów.

Analizy składu chemicznego nasion

Zawartość składników mineralnych w nasionach oznaczano przy zastosowaniu standardowych metod, stosowanych w stacjach chemiczno-rolniczych (IUNG 1972). Poszczególne składniki oznaczano metodami:

- N – destylacyjnie wg Kjeldahla,
- P – kolorymetrycznie z molibdenianem amonu,
- K, Ca, Na – fotometrycznie,
- Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd – atomową spektrometrią absorpcyjną (AAS),
- B – kolorymetrycznie z kurkumina.

Do analiz na zawartość makro- i mikroelementów zbierano po 10–14 nasion z drzewa. Analizy chemiczne gleby i nasion wykonano w Katedrze Nawożenia Roślin Ogrodniczych AR w Poznaniu.

Pomiar intensywności owocowania

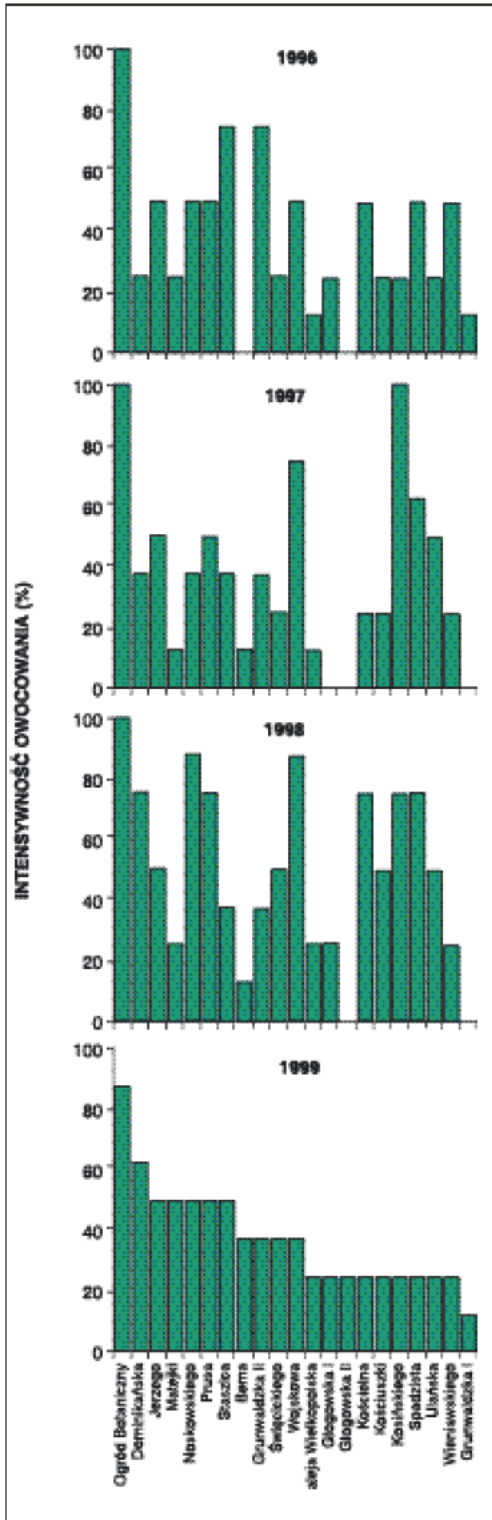
Intensywności owocowania określano przy zastosowaniu pięciostopniowej skali, stosując

Tabela 1. Zależność intensywności owocowania osobników kasztanowca białego od zawartości składników pokarmowych na różnych głębokościach podłoża, w 1997 roku. Dane dla 20 stanowisk na terenie Poznania. W tabeli przytoczono korelacje, które były istotne statystycznie. $P > F$ – istotność różnic między stanowiskami określona na podstawie analizy wariancji.

Table 1. Significance between fruiting intensity of white horse-chestnut and available nutrients in various depths of the substrate in 1997. Data from 20 stands in the area of Poznań. Only significant correlations are shown.

Czynnik Factor	Poziom podłoża (cm) Substrate level (cm)	Poziom istotności Level of significance
pH	0–30	***(-)
pH	30–60	****(-)
pH	60–90	****(-)
pH	90–120	****(-)
P	0–30	**
P	30–60	**
P	90–120	**
Ca	0–30	***(-)
Ca	30–60	**(-)
Ca	60–90	**(-)
Ca	90–120	**(-)
Fe	0–30	***
Mn	0–30	***
Mn	90–120	***
Pb	0–30	**

-0,5; *0,01; ****0,001; (-) – korelacja ujemna (negative correlation).



25% przedziaty. Odniesieniem dla stanowisk na terenie Poznania było, stosunkowo mało zmienione przez środowisko miejskie stanowisko w Ogrodzie Botanicznym UAM, które przyjęto za 100%. Oznaczeń dokonywano stosując 25% przedziaty, zaznaczając je symbolicznie jako:

A – brak owoców (lub zawiązanych poniżej 10 owoców/drzewo)

B – przedziat do 25% zawiązanych owoców

C – 25–50%

D – 50–75%

E – 75–100% intensywności owocowania w odniesieniu do kontroli, tj. Ogródu Botanicznego.

WYNIKI

Zależność intensywności owocowania od zawartości pierwiastków w podłożu

Intensywność owocowania określano dla każdego drzewa w danym roku obserwacji. Rycina 1 przedstawia zróżnicowanie intensywności owocowania kasztanowców, na 21 stanowiskach na terenie Poznania. Analiza wariancji wykazała, iż obserwowane stanowiska różnią się istotnie statystycznie między sobą ($p = 0,0004$). Różnice między stanowiskami były stabilne w kolejnych latach na danym stanowisku. W tabeli 1 zamieszczono wszystkie istotne statystycznie wyniki korelacji, między intensywnością owocowania a zawartością w glebie składników pokarmowych.

Istotna, ujemna korelacja natężenia owocowania z odczynem podłoża, wydaje się być zrozumiała ze względu na, powszechnie występującą na terenie Poznania, jego wysoką wartość do pH 8,3 włącznie. Zmieniony odczyn substratu jest w głównej mierze spowodowany nadmiarem jonów wapnia. Potwierdza to ujemna korelacja między zawartością Ca na wszystkich czterech głębokościach (od 0 do 120 cm) z intensywnością owocowania. Tak wyraźna zależ-

Ryc. 1. Zróżnicowanie intensywności owocowania na 21 stanowiskach z *Aesculus hippocastanum* L. na terenie Poznania. Stanowiska przedstawiono wg malejącej intensywności owocowania w 1999 roku Fig. 1. Diversity of fruiting intensity of 21 stands with *Aesculus hippocastanum* L. in the area of Poznań. The stands are ordered by intensity of fruiting in 1999.

ność może wynikać z relacji antagonistycznych między wapniem a fosforem. Na wszystkich poziomach profilu glebowego stwierdzono dodatnią korelację między zawartością form dostępnych fosforu i intensywnością owocowania, przy czym dla trzech z czterech badanych poziomów są to zależności istotne statystycznie. Interesujące wydają się także zależności natężenia owocowania od zawartości dostępnych form manganu w podłożu. Na wszystkich poziomach są to zależności o charakterze dodatnim, istotne dla pierwszej i ostatniej głębokości. Warto nadmienić, że w ważnym dla odżywiania roślin poziomie wierzchnim, występuje istotna statystycznie, dodatnia korelacja między zawartością żelaza a intensywnością owocowania.

Zależność masy nasion od czynników środowiska

Wykazano istotne zróżnicowanie masy nasion kasztanowców na terenie Poznania, od 11 g

nasiono-1 na alei Wielkopolskiej do 27 g nasiono-1 na ulicy Matejki ($p = 0,0001$). Wyniki istotnych statystycznie korelacji między czynnikami środowiska i masą nasion przedstawiono w tabeli 2.

Stwierdzono istotną statystycznie, dodatnią zależność między masą nasion i długością fazy listnienia, która w warunkach miejskich dobrze odzwierciedla stan zdrowotny drzewa (tab. 2). Korelacja między przyrostem długości pędu oraz przyrostem pnia a masą nasion ($p = 0,01$) wskazuje na istnienie związku między ogólną kondycją roślin i masą nasion. Stwierdzono ujemną zależność między zawartością chloru w głębszych partiach substratu i masą nasion (tab. 2), co jest dobrym potwierdzeniem ujemnego wpływu tego pierwiastka na procesy generatywne kasztanowca. Podobnie, dodatnia i istotna statystycznie zależność między zawartością azotu i siarki w liściach oraz masą nasion odzwierciedla, istniejący w powierzchniowych utworach wielu stanowisk, ostry deficyt

Tabela 2. Zależność masy nasion od fazy fenologicznej, pomiarów biometrycznych oraz zawartości pierwiastków w glebie, liściach i nasionach. W tabeli przytoczono korelacje, które były istotne statystycznie. (0–30 cm) – poziom w glebie.

Table 2. Correlations between seed mass and tree phenology, biometry and nutrient concentration in soil, leaves and seeds. Only statistically significant correlations are shown. (0–30 cm) – level in soil.

Czynnik / Factor		Istotność korelacji / Correlation significance
Faza fenologiczna Phenological phases	Długość listnienia / Length of leafing	*
Pomiary biometryczne Biometric measurements	Długość pędu / Stem length	*
	Przyrost pnia / Stem diameter	*
Zawartość w glebie Soil nutrients	K (0–30 cm)	*
	Ca (30–60 cm)	*
	Cl (30–60 cm)	*(-)
	Cl (60–90 cm)	*(-)
	Cl (90–120 cm)	*(-)
Zawartość w liściach Foliage nutrients	N	**
	S	**
Zawartość w nasionach Seed nutrients	N	*
	K	***
	S	***
	Fe	**
	Zn	**
	Na	**

*-0,1; **-0,5; ***0,01; (-) – korelacja ujemna (negative correlation).

tych makroelementów. Warto przy tym zauważyć, iż wpływ deficytu azotu i siarki u kasztanowców na terenie Poznania dobrze odzwierciedla także dodatnia zależność między tymi pierwiastkami w nasionach i liściach. Na uwagę zasługuje także dodatnia korelacja między masą nasiona a zawartością potasu w glebie i w nasionach (tab. 2).

Przedstawione w tabeli 3 wzajemne zależności pierwiastków w nasionach kasztanowca białego ukazują wysoce istotne korelacje potasu z azotem, fosforem, magnezem i cynkiem. Wśród makroelementów, poza wymienionymi, zwracają uwagę dodatnie i istotne zależności korelacyjne siarki z azotem oraz z sodem. Istotne, ujemne zależności odnotowano między poziomem wapnia a zawartością potasu i fosforu w nasionach.

Tabela 3. Wzajemne zależności składników pokarmowych w nasionach kasztanowca białego, zebranych we wrześniu 1998 roku z 28 osobników, reprezentujących 20 stanowisk na terenie Poznania.

Table 3. Significant elements of correlation matrix between nutrients in white horse-chestnut seeds. Seeds were collected in September 1998 from 28 trees representing 20 stands in the area of Poznań.

Pierwiastek Element		Istotność korelacji Correlation significance
N	S	**
	K	***
P	Ca	**(-)
	K	***
K	Zn	**
	Mg	***
	Ca	***(-)
Na	S	***
Cl	Cd	**
Pb	Cd	*****

** - 0,5; *** - 0,01; ***** 0,0001; (-) – korelacja ujemna (negative correlation).

Skład chemiczny nasion

W tabeli 4 przedstawiono wyniki analiz chemicznych nasion kasztanowca białego. Obejmują one zawartość w nich czternastu makro- i mikroelementów. Niepełna liczba reprezentowanych drzew i stanowisk wynika z braku owocowania na kilku osobnikach.

W przedstawionych wynikach zwraca uwagę brak istotnie statystycznego zróżnicowania między poszczególnymi stanowiskami dla dziewięciu, spośród czternastu analizowanych pierwiastków. Istotne ($p \leq 0,05$) zróżnicowanie zawartości pierwiastków w nasionach, między stanowiskami, wykazano jedynie dla zawartości cynku i miedzi.

W tabeli 3 przedstawiono istotne wzajemne zależności występowania poszczególnych składników w nasionach. Charakterystyczne dla nasion kasztanowców są istotne korelacje między podstawowymi pierwiastkami: N, P, K, Mg, S. Za wyjątkiem ujemnych zależności wapnia z fosforem i potasem reszta korelacji między pierwiastkami w nasionach była dodatnia.

DISKUSJA

Zawartość makro- i mikroelementów w nasionach *Aesculus hippocastanum*

Składające się na proces generatywny: kwitnienie, zawiązywanie i wykształcanie nasion, są pojavami fenologicznymi o szczególnych walorach estetycznych. Zaburzenia ich przebiegu należą tym samym do najbardziej widocznych oznak nieprawidłowego rozwoju roślin w miastach (Łukasiewicz A. 1978, 1995, Foto 1).

W przypadku kasztanowców, na stanowiskach niekorzystnych dla rozwoju drzew, wykształcane kwiatostany dorastały jedynie do około trzydziestu procent ich wielkości, w porównaniu do odniesienia jakimi były drzewa rosnące w Ogrodzie Botanicznym UAM. Nie zaobserwowano przy tym różnic w intensywności ich kwitnienia, mierzony szacunkową ilością kwiatostanów. Zdecydowane natomiast różnice występują w ilości wykształczanych nasion. Niewielka liczba owoców odzwierciedla zazwyczaj poziom dostępnych składników pokarmowych oraz możliwości zaopatrzenia roślin w wodę. Nie bez znaczenia są także współzależności antagonistyczne między pierwiastkami w glebie.

Na szczególną uwagę zasługuje ujemna, wysoce istotna statystycznie, korelacja między zawartością jonów wapnia oraz pH gleby a intensywnością owocowania. Zasadowy odczyn podłoża może być przyczyną obniżenia dostępności fosforu, żelaza, manganu, cynku, miedzi, boru i ołowiu (Buckman, Brady 1971;

Tabela 4. Zawartości makro- i mikroelementów w owocach kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum* L.). Owoce zebrano w 1998 roku z 28 drzew na 20 stanowiskach w Poznaniu. Wyniki zawartości pierwiastków podano w ppm, za wyjątkiem N i S (%).
Table 4. Macro- and microelement concentration in seeds of white horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). Seeds were collected in 1998 from 28 trees at 20 sites in Poznań. The results are in ppm, except for N and S (%).

Stanowisko / Site	Nr drzewa / Tree number	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd
aleja Wielkopolska	1	1,07	1660	9400	2670	770	500	310	0,070	10,34	2,68	8,46	4,28	2,94	0,30
Berna	1	1,10	2070	10960	2060	820	480	400	0,097	7,28	2,46	10,36	9,04	0,02	0
Dominińska	1	1,28	2140	11600	1270	840	540	1740	0,097	10,32	4,42	10,94	7,52	0,08	0
Głogowska-I	1	1,21	1780	11780	1330	830	570	410	0,108	10,02	3,76	19,90	8,02	2,14	0,44
Grunwaldzka-I	6	0,95	2140	9010	2280	800	740	740	0,123	7,68	3,88	9,26	12,28	1,22	0,16
Grunwaldzka-II	2	0,84	1220	8140	1790	690	200	1370	0,052	8,82	4,02	7,94	6,52	0	0
Jerzego	1	1,42	2270	10770	1420	770	240	470	0,126	8,72	2,50	9,14	4,46	0	0
Jerzego	2	1,24	1960	9650	1250	710	210	1140	0,104	9,88	3,64	11,58	4,92	1,00	0
Kościelna	1	0,91	2170	7580	2560	720	290	360	0,056	6,88	3,32	5,76	7,08	0,32	0,50
Kościuszki	1	1,03	1710	7280	3400	760	760	180	0,084	9,36	4,96	10,12	4,46	0	0
Kosińskiego	1	1,14	2410	9850	1330	850	1050	730	0,077	9,82	4,10	9,00	10,38	0	0
Matejki	1	1,16	1960	10260	1920	770	1290	250	0,205	17,04	4,66	10,58	6,92	2,48	0,32
Matejki	2	0,95	1810	8290	2290	650	410	440	0,081	9,02	3,66	10,98	4,10	4,82	0,72
Noskowskiego	1	0,86	2720	10930	1490	810	230	180	0,084	7,18	3,28	8,46	9,14	4,14	0,48
Noskowskiego	2	0,95	1650	8390	1610	740	240	710	0,073	8,12	2,96	8,66	9,10	0,56	0
Ogród Botaniczny	1	0,65	1510	9010	1920	710	490	110	0,074	9,52	4,82	8,68	4,66	2,76	0,22
Ogród Botaniczny	2	0,84	2290	9760	2130	740	200	490	0,087	10,04	5,16	8,92	6,32	0	0
Prusa	1	1,14	1560	8410	2040	700	430	710	0,093	10,58	2,84	8,78	6,60	1,20	0,12
Spadzista	1	1,00	1160	9170	3500	930	190	500	0,090	8,40	3,26	11,00	7,52	0	0
Spadzista	2	1,02	2220	10140	1380	740	700	660	0,097	8,78	4,04	11,74	9,06	0	0
Staszica	1	1,21	1780	9610	1730	750	400	360	0,099	11,66	3,62	8,78	9,72	1,42	0,42
Święckiego	1	1,19	2410	9880	1630	910	380	520	0,090	8,90	4,86	10,76	10,28	0	0,02
Święckiego	2	0,96	1680	10190	1900	780	430	370	0,084	23,94	4,44	7,68	6,62	0,50	0,12
Uławska	1	0,88	2010	9640	1940	770	500	250	0,14	8,04	4,52	8,54	7,60	0	0
Uławska	2	1,16	1690	9710	1330	780	450	360	0,102	8,04	4,02	6,64	7,26	0	0
Wieniańskiego	1	0,86	1350	6620	2270	50	460	220	0,064	7,58	3,50	8,42	6,42	1,32	0,38
Wojskowa	1	0,96	1620	8560	1630	740	170	730	0,089	8,86	5,16	12,46	12,08	0	0
Wojskowa	3	0,91	1810	9300	1620	700	260	760	0,034	8,70	4,24	8,30	10,08	0	0
Średnia / Average		1,03	1884	9425	1918	769	458	552	0,09	9,8	3,9	9,7	7,6	0,96	0,15
P > F		ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	**	**	ns	ns

P > F – Istotność określona na podstawie analizy wariancji między drzewami/based on ANOVA of trees; **-0,05; *-0,1; ns – brak istotnych różnic (differences not significant).



Fot. 1. Kwitnący osobnik *Aesculus hippocastanum* L.
Fig. 1. Flowering *Aesculus hippocastanum* L.

Czerwiński 1976; Nowosielski 1988). Potwierdziły to ujemne korelacje odczynu pH podłoża i zawartości wymienionych pierwiastków w glebie. Jednakże korelacje zawartości pierwiastków w glebie i w liściach (Fe, Zn, Pb i in.) ujawniły zależności dodatnie, co może obrazować rolę tzw. transportu aktywnego, selektywnego w stosunku do niektórych jonów. Proces transportu wybiórczego umożliwia akumulację jonów oraz zmianę ich stosunków ilościowych w roślinie w porównaniu ze składem jonowym roztworu glebowego. Wymaga to stałego dopływu energii metabolicznej na pokonanie przez roślinę istniejących w glebie barier elektrochemicznych, w tym także procesów antagonizmu lub wzajemnego blokowania pierwiastków (Starck 1998; Tretyn 1998). Obrazuje to skalę trudności w procesie zaopatrywania roślin w środowisku alkalicznym, w niezbędny zestaw pierwiastków odżywczych.

W przypadku intensywności owocowania, istotne i dodatnie korelacje dotyczą poziomu form dostępnych fosforu, żelaza i manganu w podłożu. Wymienione zależności z jednej

strony mogą być odzwierciedleniem znaczenia fosforu w procesie generatywnym, a z drugiej strony mogą wskazywać na ograniczający wpływ podwyższonego pH podłoża na dostępność metali w środowisku alkalicznym, prowadzącego w rezultacie do ograniczenia owocowania drzew.

Przyczyn obserwowanego u części drzew braku owocowania, należy upatrywać w ujemnym wpływie kompleksu warunków środowiska miejskiego na kondycję drzew. Do najbardziej szkodliwych elementów można zaliczyć: zmianę struktury fizycznej i składu chemicznego podłoża, brak możliwości infiltracji wód opadowych, drastyczne ograniczenie wymiany gazowej ryzosfery, eliminację procesu samonawożenia gleby oraz zmniejszenie aktywności biologicznej substratu, co potęgowane jest podwyższeniem temperatur i wzrostem niedosytu wilgotności powietrza.

Przedstawione w niniejszej pracy dane wskazują na to, że czynnikami decydującymi o masie nasion były zawartości form dostępnych: azotu, potasu i siarki w glebie. Z wymienionych pierwiastków, w podłożach omawia-

nych stanowisk z terenu Poznania jedynie zawartość potasu znajduje się na poziomie odpowiednim dla zaspokojenia potrzeb pokarmowych roślin (≥ 8 mg/100 g gleby; Nowosielski 1988, Bręś i in. 1997, Baran 2000). Stąd też o masie nasion badanych drzew z terenu Poznania decydować może zawartość dostępnych form azotu i siarki.

WNIOSKI

Wykazano, że na intensywność owocowania kasztanowca białego decydujący wpływ ma zawartość w podłożu form dostępnych pięciu makroelementów (N, P, K, Mg, S). Jedną z przyczyn małej dostępności dla roślin wielu pierwiastków, zawartych w podłożu, jest nadmiar jonów wapnia i związane z nim wysokie pH (do 8,3). U owocujących osobników nie stwierdzono istotnych różnic między poszczególnymi stanowiskami w zawartości większości pierwiastków w nasionach. Może to wskazywać na istnienie mechanizmu kontrolującego i ochraniającego procesy generatywne u roślin. Należy także podkreślić, że na wielu stanowiskach w Poznaniu owocowanie występuje jedynie sporadycznie lub nie występuje wcale (fot. 1).

SUMMARY

Chemical composition of white horse-chestnut seeds collected from 20 stands in the area of Poznań were compared with intensity of fruiting and the mass of seeds. In addition generative processes of white horse-chestnut were related to other components of the urban environment such as foliage and substrate chemistry, growth and phenology. There were no differences among sites in chemical composition of seeds. A positive and statistically significant relationship was found between fruiting intensity and available phosphorus concentration in soil, and negative relationships of fruiting and substrate pH and Ca concentration. The mass of seeds was positively correlated with the general condition of trees expressed by the length of leafing phase, length of annual shoot increases

and radial stem growth. Seed mass was positively correlated with foliage N and S concentration, S and N, S and K concentration in seeds. Chlorine concentration in the substrate has negative effect on seed mass.

LITERATURA

- Baran S.** 2000. Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb. Wyd. AR Lublin, s. 244.
- Bręś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E., Tyksiński W.** 1997. Nawożenie roślin ogrodniczych. Cz. 1–2. Wyd. Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Buckman H.C., Brady N.C.** 1971. Gleba i jej właściwości. PWRiL W-wa, s. 530.
- Czerwiński W.** 1976. Fizjologia roślin. PWRiL W-wa, s. 605.
- IUNiG** 1972. Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. II. Badania materiału roślinnego. Puławy, s. 97.
- IUNiG** 1983. Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. IV. Badanie gleb, ziem i podłoży oraz części wskaźnikowych roślin w celach diagnostycznych.
- Łukasiewicz A.** 1978. Rozwój drzew i krzewów na terenie miasta Poznania. PTPN Wyd. Mat.-Przyr. Kom.-Biol. 49, s. 132.
- Łukasiewicz A.** 1995. Dobór drzew i krzewów dla zieleni miejskiej środkowozachodniej Polski. Wyd. Nauk. UAM, Poznań, s. 172.
- Łukasiewicz Sz.** 2002. Wpływ wybranych czynników na rozwój kasztanowca białego *Aesculus hippocastanum* L. w warunkach miejskich Poznania. Praca doktorska, Wydział Biologii UAM w Poznaniu, mscr.
- Nowosielski O.** 1974. Metody oznaczania potrzeb nawożenia. PWRiL W-wa, s. 721.
- Nowosielski O.** 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL W-wa, s. 310.
- Starck Z.** 1998. Pobieranie i dystrybucja jonów. [W:] Kopcewicz J., Lewak S. (red.) Podstawy fizjologii roślin: 216-228, PWN, W-wa.
- Tretyn A.** 1998. Podstawy strukturalno-funkcjonalne komórki roślinnej. [w:] Kopcewicz J., Lewak S. (red.) Podstawy fizjologii roślin: 20-62, PWN, W-wa.