

HENRYK FOBER

6. MINERALNE ŻYWIENIE

Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.) ma szeroki zasięg naturalnego występowania, stąd zasiedla obszary o różnorodnych warunkach glebowych. Drzewostany ze znacznym udziałem tego gatunku występują na najżyźniejszych siedliskach, ale można je spotkać również na siedliskach suchszych i wapiennych. Najbardziej odpowiadają mu gleby żyzne, wilgotne, zasobne w próchnicę. W Niemczech wyróżniano dwie rasy edaficzne, różniące się właściwościami dziedzicznymi wytworzonymi pod wpływem warunków siedliskowych, tak zwany jesion „wodny” i „wapniowy” (Tyszkiewicz i Obmiński 1963; patrz także rozdz. 13). Jednak Fiedler i in. (1973) uważają, że duże możliwości uprawy jesionu na zróżnicowanych siedliskach nie polegają na wykształceniu ras ekologicznych, lecz wynikają z wielkiej tolerancji tego gatunku na zaopatrzenie w wodę. Przyjmuje się, że jesion jest wapnolubny, zaliczany jest nawet do gatunków mało wrażliwych na przewapnowanie (Baule i Fricker 1973). Rośnie najlepiej przy pH podłoża mieszczącym się w granicach 5–7 (Jacobi 1951; Anonim 1954; Sebald 1956; Baule i Fricker 1973), a nie występuje na glebach o pH poniżej 4,2, ponieważ jego korzenie nie tolerują takiej kwasowości (Wardle 1957 za Gordon 1964). W Anglii, w Lake District i Yorkshire, jesion nie rośnie na glebach o pH poniżej 4,38–4,98 (Puri 1948 i 1949 za Gordon 1964). Natomiast górna granica wartości pH limitująca występowanie jesionu wynosi około 8,0 (Wardle 1957 za Gordon 1964), a nawet 8,26 lub 9,0 zaobserwowane w południowej Anglii (Puri 1950a i b za Gordon 1964). Sebald (1956) stwierdził nagłe zahamowanie wzrostu 2-letnich kultur piaszkowych *F. excelsior* przy podniesieniu pH do 8, podczas gdy przy pH 7 wzrost

roślin był optymalny. Jones i Levisohn (1951) uważają, że czynnikiem bezpośrednio ograniczającym wzrost jesionu nie jest niskie pH, lecz właściwości fizykochemiczne gleby. Obserwował bowiem doskonały wzrost roślin na glebie kwaśnej (pH 4–4,5), po dodaniu do gleby kompostu, który nie spowodował znaczącego zwiększenia pH, w porównaniu z bardzo ubogim wzrostem roślin na tej samej glebie nie kompostowanej. Również Aslander (1953) stwierdził, że o wzroście i występowaniu jesionu na danej glebie w większym stopniu decyduje ilość łatwo dostępnych pierwiastków, najczęściej fosforu, niż zawartość wapnia czy odczyn gleby.

Przedmiotem badań jest również odczyn drewna jesionu (Gray 1958; Nagoda 1964; Zenkteler i Woźniak 1965). U dojrzałych drzew *Fraxinus excelsior* wartości pH dla bielu wynosiły 5,66, a dla twardzieli 5,49 (Zenkteler i Woźniak 1965; patrz także rozdz. 17). U jesionu oraz niektórych innych gatunków, na przykład u dębu czy modrzewia, drewno twardzielowe wykazuje bardziej kwaśny odczyn niż biel. Stosunkowo niskie wartości pH w drewnie przypisuje się występowaniu w nim kwasów, na przykład kwasu octowego.

Kora pnia jesionów rosnących na różnych stanowiskach wykazywała odczyn w granicach 5,4–7,5 (Sjögren 1961). Przy czym wartości zależały od zawartości w korze taniny i żywicy, od ekspozycji na wiatr i związanym z tym stopniem impregnacji kory pyłem, stopnia pokrycia kory mchami, fizycznych właściwości kory (na przykład porowatości, stopnia popękania) oraz od wysokości nad ziemią.

Z kolei ekstrakt z korzeni jesionu wyniosłego wykazywał odczyn 5,4 (Gubareva 1962), która to wartość jest podobna do odczynu drewna pnia u tego gatunku.

Bergmann (1983) podaje zakresy stężeń pierwiastków w pełni rozwiniętych liściach, na pędach bieżącego przyrostu, uznając te stężenia za wystarczające i charakterystyczne dla dobrze odżywionych drzew jesionu wyniosłego. Dla poszczególnych pierwiastków wartości wyrażone w setnych lub milionowych częściach w stosunku do suchej masy przyjmują następujące zakresy: 1,7–2,2% N, 0,15–0,30% P, 1,1–1,5% K, 0,3–1,5% Ca, 0,2–0,4% Mg, 15–40 ppm B, 0,05–0,20 ppm Mo, 6–12 ppm Cu, 30–150 ppm Mn, 15–50 ppm Zn. Liście jednorocznych siewek wykazują wyższe wartości stężenia azotu. W doświadczeniu Parascana (1973) średnia wartość z kilku pomiarów w ciągu sezonu wegetacyjnego wyniosła 2,66% N. Natomiast

liście leżące pod drzewami w formie ściółki wykazywały niskie stężenia azotu w ich suchej masie – średnio 1,43% (Mommaerts-Billiet 1971). Gordon (1964), oznaczający skład chemiczny liści pięćdziesięcioletnich jesionów na różnych siedliskach pod koniec sierpnia i na początku września, czyli pod koniec sezonu wegetacyjnego, ale przed ich żółknięciem, podaje nieco wyższe w porównaniu z danymi Bergmanna (1983) stężenia wapnia 1,04–2,75% suchej masy. Cvetkova (1976) podaje zawartości niektórych mikroelementów w liściach jesionu wyniosłego. U pięćdziesięcioletnich drzew stwierdziła w suchej masie liści 1,6 ppm Mo, 8,3 ppm Cu, 30,4 ppm Mn, 1,5 ppm Pb, 32,4 ppm Ti, 6,2 ppm Cr, 4,2 ppm Ni i 8,2 ppm V.

Stężenie pierwiastków w liściach może podlegać zmianom dobowym. Chašes (1972) stwierdziła u szesnastoletnich drzew *Fraxinus pennsylvanica* najwyższe stężenia potasu w liściach w godzinach przedpołudniowych i południowych u roślin rosnących na wystawie wschodniej, a u roślin z wystawy zachodniej, w godzinach południowych i popołudniowych. Pobieranie potasu uzależnia bowiem od intensywności transpiracji, czyli od warunków pogodowych.

Znane są również sezonowe zmiany stężenia pierwiastków w organach asymilacyjnych. W liściach siewek *F. excelsior* stężenie azotu, fosforu i potasu zwiększało się od początku czerwca do końca września, a następnie w październiku ulegało obniżaniu z różną intensywnością dla poszczególnych pierwiastków (Parascan 1973). Natomiast u starszych, dziesięcio- i szesnastoletnich drzew, stwierdzono nieznaczne obniżanie się koncentracji fosforu (Radkov i Garelkov 1965) czy potasu (Parascan 1973) w ciągu całego sezonu wegetacyjnego.

W pąkach wegetatywnych jesionu Soldatova (1970) stwierdziła 0,17––0,61% całkowitego fosforu, przy czym analizy wykonywano od października do czerwca następnego roku. Najwyższe stężenie notowano w miesiącach zimowych, a najniższe w czerwcu. Pąki na gałązkach drugiego rzędu miały znacznie mniejsze zawartości fosforu, w niektórych miesiącach nawet o 40%, w porównaniu z pąkami gałązek pierwszego rzędu. Jedynie w czerwcu pąki na gałązkach drugiego rzędu miały wyższe stężenie fosforu. Ponieważ ogólnie zawartości związków fosforowych zwiększały się zimą, Soldatova konkluduje, że związki te mogą być syntetyzowane nawet wówczas, gdy rośliny są w stadium najgłębszego spoczynku.

Stężenie pierwiastków w roślinie może się zmieniać w ciągu sezonu wegetacyjnego, w zależności od tempa ich pobierania i akumulacji w różnych okresach. Lixandru (1964) wyróżnił trzy wyraźne stadia wzrostu i akumulacji pierwiastków u siewek drzew w pierwszym roku ich życia, a mianowicie: pierwsze powolne w ciągu sześciu miesięcy, drugie szybkie i intensywne między szóstym i dziewiątym miesiącem i ostatnie trzecie stadium to stan równowagi począwszy od dziewiątego miesiąca. Badania dotyczyły akumulacji N, P, K, Ca i Na, a przeprowadzone były na siewkach 13 gatunków, w tym również na jesionie wyniosłym. Kolesničenko i in. (1971) podawali znakowany fosfor dwuletnim sadzonkom *Fraxinus excelsior* i stwierdzili dwa maksima pobierania tego elementu – w lipcu i pod koniec sierpnia.

Specyficzne funkcje fizjologiczne niektórych pierwiastków powodują ich zróżnicowaną akumulację w różnych organach. Stąd skład poszczególnych tkanek czy organów jest zróżnicowany. Brak jest prac analizujących skład chemiczny korzeni czy drewna jesionu. Z niektórych badań porównawczych z różnymi gatunkami drzew leśnych wynika, że średnio najwyższe stężenia pierwiastków popielnych występują w liściach, nieco niższe w korzeniach, a najniższe w drewnie (Ščerbakov 1951). Od tej zasady są liczne wyjątki dotyczące gatunku, terminu w sezonie wegetacyjnym, stadium rozwojowego czy określonego pierwiastka. Na przykład u jesionu wyniosłego stężenie wapnia było najwyższe w liściach, mniejsze w drewnie pnia, a najmniejsze w korzeniach. Również Mařan (1949) informuje o znacznie niższej zawartości pierwiastków w drewnie niż w liściach. Z kolei w młodym drewnie zawartość składników mineralnych jest o 10–30% wyższa niż w starym, a największe różnice dotyczyły wapnia i potasu. Stężenie pierwiastków w drewnie zmienia się także wraz z wysokością pnia. Messina i in. (1983) na podstawie badań różnych gatunków, w tym również *F. pennsylvanica* stwierdzili, że stężenie makroelementów zmniejsza się od podstawy pnia do środka jego wysokości, a następnie rośnie do wartości maksymalnych na szczycie pnia. W korze pnia stężenie pierwiastków z wyjątkiem wapnia wykazywało tę samą tendencję. Stężenie wapnia natomiast równomiernie malało wraz z wysokością pnia.

Akumulacja pierwiastków w roślinie i ich stężenie w tkankach zależy w dużej mierze od dostępności poszczególnych elementów w podłożu. Ujawnia się to wyraźnie po zastosowaniu nawożenia mineralnego. Podanie

jednorocznym siewkom *Fraxinus excelsior* saletry amonowej w dawce 250 kg/ha w lipcu spowodowało po miesiącu wyższe o 39% stężenie azotu w ich liściach w porównaniu z nie nawożonymi roślinami kontrolnymi (Parascan 1973). Efekt działania określonego nawożenia jest uzależniony oczywiście od występowania i stężenia innych jonów lub substancji chemicznych. Stąd możemy zaobserwować zjawisko interakcji prowadzące do efektu zwiększonego lub zmniejszonego pobierania różnych elementów.

Tak jak niedostatek substancji odżywczych w podłożu objawia się w pierwszej kolejności zmniejszonymi w porównaniu z normalnymi stężeniami pierwiastków w roślinie, a szczególnie w aparacie asymilacyjnym, a następnie zewnętrznymi symptomami niedoborów lub braków, również pierwiastki występujące w nadmiernych ilościach mogą stwarzać warunki stresowe dla rośliny. Zwłaszcza niektóre z pierwiastków śladowych są szczególnie szkodliwe ze względu na specyficzną rolę, jaką spełniają w procesach biochemicznych.

W przeciwieństwie do gatunków iglastych mających niezwykle bogatą literaturę, literatura na temat mineralnego żywienia drzew liściastych jest uboga w szczegółowe opisy symptomów braku składników pokarmowych. Ogólnie wiadomo, że w przypadku niedoboru azotu liście drzew są małe i przebarwione na kolor żółtozielony. Przy silnym niedoborze może ulec skróceniu okres wegetacyjny i dochodzi do przedwczesnego żółknięcia liści (Baule i Fricker 1973). Na niektórych siedliskach w północno-zachodniej Anglii Gordon (1964) obserwował chlorozy liści jesionu wyniosłego związane z deficytem azotu.

Z kolei ciemnozielone czy czerwieniejące przebarwienia liści wskazują na niedostateczne zaopatrzenie drzew w fosfor (Baule i Fricker 1973).

Niedobór potasu przejawia się natomiast u drzew liściastych zmianą zabarwienia liści na ciemno i brązowo. Jaśniejsze brzegi liści są wtedy pomarszczone i mają nekrotyczne plamy (Baule i Fricker 1973).

Występowanie chlorozy na liściach jesionu wyniosłego jest często następstwem wysokich dawek wapnia (Iljin 1944; Hutchinson 1970). W takich wypadkach Iljin (1944) obserwował częściowe żółknięcie parenchymy liścia, podczas gdy nerwy pozostawały przez długi czas zielone. Przy ostrych objawach cały liść stawał się żółty albo nawet białawy. W takich chlorotycznych liściach bardzo charakterystyczny był trzy–pięciokrotny wzrost zawartości azotu w aminokwasach.

Objawem niedoboru składników pokarmowych może być też przebarwienie i deformacja, przede wszystkim najmłodszych liści. Obserwujemy wówczas chlorotyczną plamistość i deformację liści, aż do ich nitkowatości (Hartmann i in. 1988).

Należy jeszcze wspomnieć o zamieraniu pędów jesionu wyniosłego spowodowanym uszkodzeniem drzew przez sól używaną do posypywania dróg czy o nekrozie brzegów liści spowodowanej przez imisję chlorowodoru (Hartmann i in. 1988). Brzegi liści są wówczas żółte do czerwono-brunatnych i zwinięte.

Nie zawsze symptomy spowodowane są tylko niedoborem czy nadmiarem składników pokarmowych. Często uszkodzenie drzewa jest skutkiem kompleksowego współdziałania wielu różnych czynników, jak na przykład substancji szkodliwych, ekstremalnych warunków pogodowych czy czynników biotycznych. Według Hartmanna i in. (1988) objawy niedoboru składników pokarmowych stanowią tylko 10% objawów chorobowych drzew. Ponieważ niektóre symptomy występują w typowej postaci tylko w określonych porach roku, bardzo ważne są obserwacje wczesnych faz procesów uszkodzeń.

Analizy składu chemicznego liści w połączeniu z analizami gleby, obserwacją wzrostu i rozwoju drzew stanowią podstawę określania potrzeb nawozowych. Ocenę potrzeb nawozowych można sprawdzić również na podstawie doświadczeń terenowych. Ponieważ drzewa liściaste z natury najczęściej rosną na glebach żyzniejszych, zasobniejszych w składniki pokarmowe, dotychczas wykonano mało doświadczeń nawozowych z jesionem.

Jung i Riehle (1966) przeprowadzili doświadczenia wazonowe, w których siewki *Fraxinus excelsior* rosły w doniczkach wypełnionych glebą piaszczystą, typową dla kwaśnych gleb piaszczystych (pH = 3,78), ubogich w pierwiastki siedlisk w Niemczech. W warunkach doświadczenia, nawożenie azotowe zwiększyło wzrost wysokości i grubości roślin oraz produkcję suchej masy. Burg i Peeters (1977) uzyskali pozytywny efekt nawożenia azotowego na lekkich glebach w Holandii, na których jesion wykazywał symptomy braku azotu.

Parascan (1973) podaje przykład negatywnego wpływu nawożenia azotowego. Otóż jednoroczne siewki *F. excelsior* traktowane w szkółce leśnej

w Rumunii saletrą amonową w dawce 250 kg/ha wykazywały istotne zmniejszenie przyrostu.

We wspomnianym już doświadczeniu wazonowym (Jung i Riehle 1966) nawożenie fosforowe w ilości do 0,9 g P_2O_5 na naczynie miało mały wpływ na wzrost siewek, a potas w podobnych dawkach wykazywał nawet działanie negatywne. Moller i Nielsen (1957) nie stwierdzili różnic w przyrostach jesionu na poletkach nie nawożonych oraz nawożonych przez cztery kolejne lata solą potasową w łącznej dawce 850 kg KCl/ha. Jedynie Baule i Fricker (1973) cytują pracę Sørensen z 1936 roku, który stwierdził dodatnie działanie nawożenia potasowego na wzrost jesionu.

Moosmayer i Schairer (1959) uzyskali istotną pozytywną reakcję jesionu na nawożenie wapniowe na ciężkiej glebie gliniastej.

Vsevolozskaja (1957) badała wpływ mikroelementów na siewki *Fraxinus excelsior* i stwierdziła korzystne działanie soli boru, cynku, miedzi, magnezu i manganu, pod względem silniejszego rozwoju ich systemu korzeniowego oraz ogólnej poprawy wzrostu. Również Afanasijev (1951) informuje o doświadczeniu, w którym związki boru, manganu i innych mikroelementów w połączeniu z azotem i fosforem stymulowały wzrost jednorocznych siewek jesionu.

Na górskich glebach brunatnych po kompleksowym nawożeniu NPK siewki jesionu były o 7% wyższe i miały o 20% większą suchą masę w porównaniu z nie nawożoną kontrolą (Zier 1969).

Goncharov (1941) stwierdził na podstawie doświadczeń nawozowych, że wpływ poszczególnych pierwiastków na wzrost siewek jesionu wyniosłego oraz innych gatunków drzew zależy od ich stadium rozwojowego. Młode siewki są szczególnie wrażliwe na nadmiar soli azotowych i potasowych, podczas gdy fosfor korzystnie wpływa na ich początkowy rozwój. Azot i potas natomiast są bardzo potrzebne w późniejszym rozwoju siewek.

Ogólnie przeważa pogląd, że jesion dobrze reaguje na nawożenie mineralne i w porównaniu z innymi gatunkami jest nawet szczególnie wymagający. Jest gatunkiem wapnolubnym, a zapotrzebowanie na ten pierwiastek wzrasta wraz z potrzebą podnoszenia odczynu gleby. Podkreślane są również wymagania jesionu pod względem zaopatrzenia w potas.

Należy też pamiętać, że korzystna reakcja rośliny na dodanie jakiegoś pierwiastka do środowiska uprawy nie stanowi jeszcze o jego niezbędności w odżywianiu. I odwrotnie – brak reakcji na nawożenie mineralne pod

względem cech morfologicznych rośliny, nie przesądza wpływu pierwiastków na cechy fizjologiczne. Stojanov i Dakev (1964) stwierdzili bardzo istotny wpływ nawożenia azotowego i fosforowego na tempo transpiracji trzyletnich siewek *Fraxinus excelsior* rosnących w naczyniach z glebą zmieszaną z piaskiem. Po nawożeniu N i NP (2,5–10,0 g saletry amonowej i 5–15 g superfosfatu na naczynie) transpiracja siewek zmniejszyła się odpowiednio o 21–28% lub 26–41% w zależności od terminu pomiaru. Samo nawożenie P zwiększyło w porównaniu z kontrolą transpirację badanych siewek o 16–64%. Nawożenie zwiększyło też stosunek części nadziemnej siewek do korzenia z 0,71 w kontroli do 1,07–1,13 w zależności od wariantu nawożenia i zastosowanych dawek.

O wymaganiach danego gatunku pod względem mineralnego odżywiania świadczą ilości pierwiastków pobieranych w ciągu roku. Według danych Fiedlera i in. (1973) w pierwszym roku wzrostu w szkółce siewki jesionu w liczbie 1 200 000 sztuk pobrały z jednego hektara 75 kg N, 10,5 kg P, 66,5 kg K, 61,5 kg Ca i 10 kg Mg. W drugim roku wegetacji te same siewki, ale już w liczbie 1 mln sztuk na hektar, pobrały odpowiednio 309 kg N, 57 kg P, 321 kg K, 286 kg Ca i 51 kg Mg.

Potrzeby nawozowe jednorocznych siewek jesionu wyniosłego wynoszą 6,24 kg N, 2,0 kg P, 6,72 kg K i 7,20 kg Ca, a dwuletnich odpowiednio 30,9, 13,1, 38,6 i 40,0 czystych składników na 100 tysięcy siewek (Anonim 1980). Inne gatunki liściaste, jak buk zwyczajny czy dąb szypułkowy potrzebują wielokrotnie mniej pierwiastków. I tak na przykład potrzeby nawozowe jednorocznych siewek buka zwyczajnego są dwukrotnie mniejsze pod względem fosforu i wapnia, trzykrotnie mniejsze pod względem azotu i sześciokrotnie mniejsze pod względem potasu.

Instytut Dendrologii PAN
ul. Parkowa 5
62-035 Kórnik

LITERATURA

- Afa nasijev D. 1951. Establishment of fast-growing stands. Šum. List 75(12): 387–392. [Forestry Abstr. 13 No. 3826.]
- Anonim 1954. The effect of soil pH on the growth of various plants. Jaarb. Proefsta. Boomkwkew. Boskoop 1953, [1954]: 23–27. [Forestry Abstr. 16 No. 3874.]

- Anonim 1980. Mała encyklopedia leśna. PWN, Warszawa.
- Aslander A. 1953. Lime and agricultural plants. A discussion of the problem in its bearing on plant ecology. Proc. 7th Int. Bot. Congr., Stockholm 1950, 1953: 264-265.
- Baule H., Fricker C. 1973. Nawożenie drzew leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Bergmann W. 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Entstehung und Diagnose. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Burg J., Peeters J. P. 1977. Fertilization and mineral nutrition of hardwoods on young marine soils. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 49(9): 253-263. [Forestry Abstr. 41 No. 3376.]
- Čašes C. M. 1972. O drevnoj i sezonnoj dinamike soderžanija kalija v list'jach drevesnych porod v uslovijach orošenija. Lesoved. 5: 53-61.
- Cvetkova N. N. 1976. Mikroelementy v lesnych biogeocenozach stepnoj zony Ukrainy. Lesoved. 3: 57-64.
- Fiedler H. J., Nebe W., Hoffmann F. 1973. Forstliche Planzenernährung und Düngung. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Goncharov E. R. 1941. The mineral nutrition of woody plants (based on the results of growth experiments 1937-1939). Trud. vsesoyuz. nauchno-issledov. Inst. lesnogo Khoz. 'VNIILKh' No. 21: 73-118. [Forestry Abstr. 46 No. 711.]
- Gordon A. G. 1964. The nutrition and growth of Ash, *Fraxinus excelsior*, in natural stands in the English Lake District as related to edaphic site factors. J. Ecol. 52(1): 169-187.
- Gray V. R. 1958. The acidity of wood. J. Inst. Wood Sci. No. 1: 58-64. [Forestry Abstr. 19 No. 4809.]
- Gubareva V. A. 1962. Vzaimosvjaz' krugovorota vody s ee chimičeskim sostavom, kornevymi, listovymi vydelenijami i rostom duba. Soobščeniya Laboratorii Lesovedeniya, Moskva. 7: 39-63.
- Hartmann G., Nienhaus F., Butin H. 1988. Barwny atlas uszkozdeń drzew leśnych. Diagnostowanie chorób drzew. IBL.
- Hutchinson T. C. 1970. Lime chlorosis as a factor in seedling establishment on calcareous soils. II. The development of leaf water deficits in plant showing lime-chlorosis. New Phytol. 69(1): 143-157. [Forestry Abstr. 31 No. 6566.]
- Iljin W. S. 1944. Der Stoffwechsel des Stickstoffs bei der Kalkchlorose der Pflanzen. Jahrb. Wissenschaft. Botanik, Berlin-Zehlendorf 91(3): 404-438.
- Jacobi E. F. 1951. Sample plots with varying pH on sandy soil. Jaarb. Ver. Proeft. Boskoop: 23-25. [Forestry Abstr. 14 No. 282.]
- Jones W. N., Levisohn I. 1951. Acid tolerance in plants. Nature 168(4279): 791-792.
- Jung J., Riehle G. 1966. Mehrjährige Düngungsversuche mit Forstpflanzen in Gefässen. Forstwiss. Cbl. 85(3/4): 107-120.
- Kolesničenko M. V., Spachov Ju. M., Spachova A. S. 1971. Osobennosti sezonnogo ritma i skorosti pogloščeniya fosfora drevesnymi porodami pri sovmestnom proizvodstvanii. Les. Žurn. 14(5): 10-15.
- Lixandru G. 1964. Seedling increment and the accumulation of nutrients in the biomass of certain forest and pome-fruit species in nurseries. Lucrari Stiintifice, Institutul Agronomic 'Ion Ionescu de la Brad', Iași: 297-305. [Forestry Abstr. 27 No. 3790.]

- Mařan B. 1949. Nutrition of forest trees on the rendzinas of the Karlštejn area. Zpr. v'zkum. Ust. lesn. ĀSR 3: 75–107. [Forestry Abstr. 14 No. 1922.]
- Messina M. G., Ballard R., Frederick D. J., Clark III A. 1983. A test of a single disk for estimation of hardwood bole and branch nutrient concentrations. Forest Sci. 29(3): 618–626.
- Moller C. M., Nielsen L. 1957. Fertilizer trials using KCl and superphosphate in a mixed plantation of Ash and Common Alder. Dansk Skovforen. Tidsskr. 42(12): 635–643. [Forestry Abstr. 19 No. 2993.]
- Mommaerts-Billiet F. 1971. Recherches sur l'ecosysteme forêt. Série B: La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Contribution no 39. Aspects dynamiques de la disparition de la litière de feuilles. Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique 104(10): 181–195.
- Moosmayer H. U., Schairer E. 1959. Site amelioration trials with various species in Hohenberg district (Swabo-Franconian keuper highlands). Mitt. Ver. forstl. Standortskunde Forstpfl Zucht. 8: 52–62. [Forestry Abstr. 20 No. 4543.]
- Nagoda L. 1964. Why is wood acid? Norsk Skogbr. 10(17): 458–460. [Forestry Abstr. 26 No. 2808.]
- Parascan D. 1973. Cercetari privind nutritia minerala a culturilor de foioase din pepiniere. Bul. Univ. Brařov, 15: 17–26.
- Radkov D., Gareľkov D. 1965. Proučvane v"rchu chimičeskija s"stav na listnikovija furař v zavisimost ot vremeto na negovoto dobivane. Gorskostopanska Nauka 2(5): 421–429.
- Sebald O. 1956. The growth and mineral content of forest plants in water and sand cultures of graded acidity. Mitt. württemb. forstl. VersAnst. 13(1): 1–83. [Forestry Abstr. 18 No. 193.]
- Sjögren E. 1961. Epiphytische Moosvegetation in Laubwäldern der Insel Öland (Schweden). Acta Phytogeogr. Suecica 44, Uppsala 44: 1–149.
- Soldatova M. A. 1970. Sezonnı zmini fosfornich spoluk v brun'kach dejakich derevnich porid. Ukrains'kij Bot. Zhurn. 27(3): 343–347.
- Stojanov Z., Dakev T. 1964. Vlijanie na azotnoto i fosfortoto chranene v"rchu transpiracijata na fidanki ot njakoi d"rvesni vidove. Gorskostopanska Nauka 1(6): 3–10.
- řčerbakov A. P. 1951. The distribution of ash elements and nitrogen in various organs of two-year-old seedling of woody plants. Dokl. Akad. Nauk. SSSR 81(3): 469–472. [Forestry Abstr. 13 No. 3606.]
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z. 1963. Hodowla i uprawa lasu. PWRiL, Warszawa.
- Vsevoložskaja G. K. 1957. The effect of micro-fertilisers on the quality of seedlings of certain species of trees. Trudy Brjanskogo Lesohozjajstvennogo Instituta, Brjansk 8: 115–125. [Forestry Abstr. 21 No. 1706.]
- Zenkter M., Woźniak H. 1965. Odczyn drewna niektórch krajowych gatunków drzew. Sylwan 109(2): 49–53.
- Zier A. I. 1969. Vlijanie organo-mineral'nych udobrenij na rost sejancev kařtana s"edobnogo i jasenja obyknovennogo. Les. Choz. 22(7): 34–35.

MINERAL NUTRITION

Summary

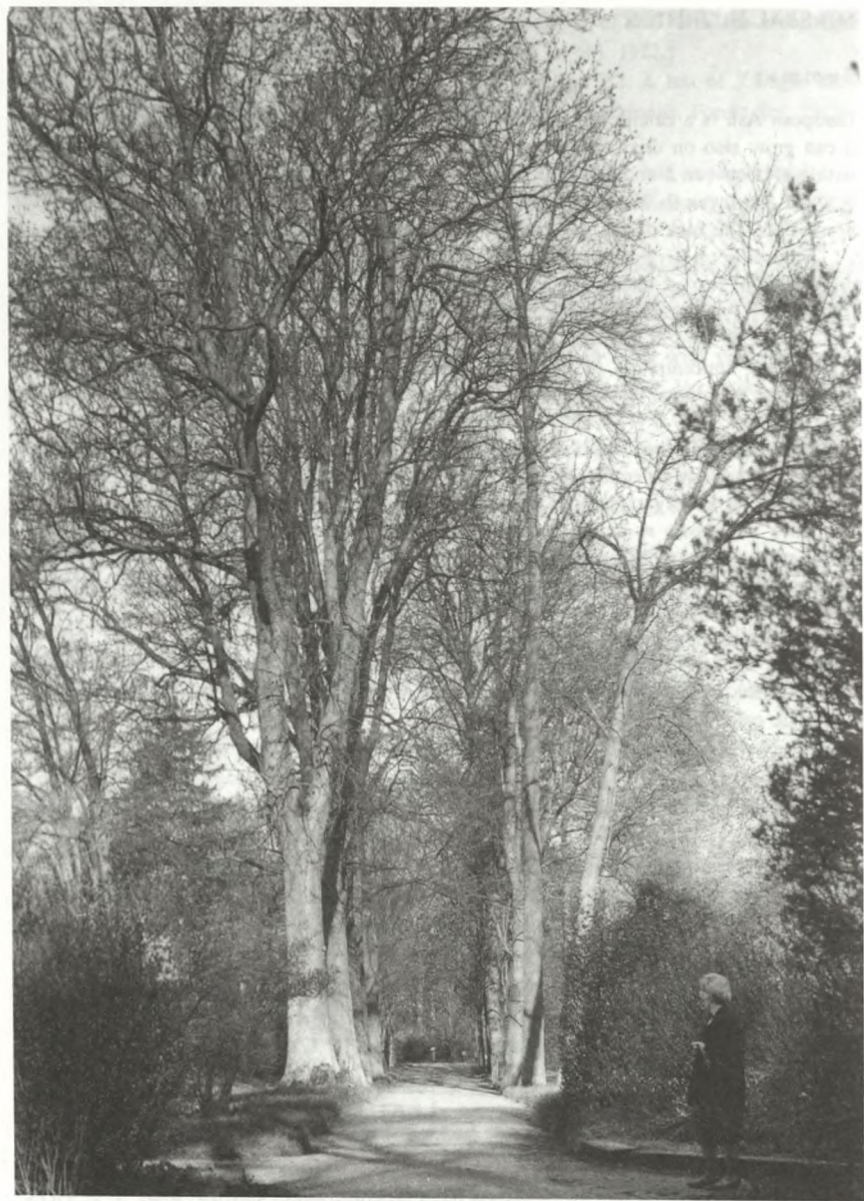
European Ash is a calciphyte species, preferring fertile moist soils, rich in humus, however it can grow also on drier and poorer soils. As shown in this report it grows best in a soil with a pH between 5 and 7. It will not occur in soils with a pH below 4 and the upper limit is about 8 or even 9. The pH of ash wood was found to be 5.66 for sapwood and 5.49 for heartwood. The bark of ash will have a pH between 5.4 and 7.5 depending on the site.

According to Bergmann (1983) the ranges of the concentrations of the elements in the dry weight of leaves, characteristic for well nourished ash trees, is as follows: 1.7–2.2% N, 0.15–0.30% P, 1.1–1.5% K, 0.3–1.5% Ca, 0.2–0.4% Mg, 15–40 ppm B, 0.05–0.20 ppm Mo, 6–12 ppm Cu, 30–150 ppm Mn and 15–50 ppm Zn. There are diurnal and seasonal fluctuations in the concentration of elements in the assimilation organs. The accumulation and distribution of mineral elements in other organs such as buds, wood, bark and roots has also been studied.

Publications on the subject of nutrient deficiencies or overabundancies are rather scanty for European ash. Most commonly only general symptoms of nutrient deficiencies or chloroses are mentioned usually as a consequence of excessive supply of calcium.

Since ash grows as a rule on fertile soils, rich in nutrient components, there are not many examples in reports on fertilizer experiments with this species. However, a positive response of increased growth or biomass production has been reported following fertilisation with nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and even microelements.

The fertilisation needs of one-year-old ash seedlings are 6.24 kg N, 2.0 kg P, 6.72 kg K and 7.2 kg Ca of pure elements per 100 000 seedlings (Anonim 1980), and are therefore several times greater than for other broadleaved tree species such as common beech or pedunculate oak.



Fragment alei jesionowej w Arboretum Kórnickim (fot. E. Szubert, 1995)