

HENRYK FOBER

5. ŻYWIENIE MINERALNE

Grab występuje najczęściej domieszkowo w drzewostanach i tworzy niższą warstwę drzewiastą lub podszyt. Stąd też doniesienia na temat mineralnego żywienia czy nawożenia dotyczą równocześnie innych gatunków, takich jak dąb, buk, lipa itp. Ogólnie przyjmuje się, że grab korzystnie oddziałuje na glebę, wzbogaca ją w szybko rozkładającą się ściółkę, która jest źródłem związków mineralnych. Roczny opad ściółki w mieszanym drzewostanie grabowo-lipowo-klonowym wynosi około 4-5 t/ha (Sienkiewicz i Małachowska 1989). Przyjmuje się, że grab dostarcza więcej ściółki niż na przykład jesion, osika czy brzoza.

Stężenie pierwiastków w organach asymilacyjnych może stanowić, obok analiz chemicznych gleby, cenną informację o stanie odżywiania drzewostanu. Optymalny wzrost drzew występuje bowiem przy określonych zakresach stężeń poszczególnych elementów. Dla niektórych pierwiastków te zakresy są bardzo duże, ze względu na zjawisko konsumpcji luksusowej, efektów rozcieńczenia, antagonizmów i interakcji między pierwiastkami. Niemniej jednak ograniczenie wzrostu i zewnętrzne objawy chorobowe aparatu asymilacyjnego mogą być związane z krytycznie niskimi lub wysokimi poziomami poszczególnych elementów, wykraczającymi poza optymalny zakres. W pierwszym przypadku wyniki analiz chemicznych będą cenną informacją dla określania potrzeb nawozowych, a w drugim mogą świadczyć o zanieczyszczeniu środowiska.

Trillmich i Uebel (1974) przez siedem kolejnych lat pobierali próbki liści do analiz chemicznych z dobrze rosnących grabów w wieku 7 do 14 lat i stwierdzili następujące zakresy stężeń poszczególnych elementów:

1,50-2,35% N; 0,16-0,38% P; 0,28-1,60% K; 0,24-1,08% Ca i 0,02-0,18% Mg. Średnio w liściach było 1,87% N; 0,28% P; 1,03% K; 0,57% Ca i 0,11% Mg. Ze względu na zróżnicowaną masę analizowanych liści - sucha masa 1000 liści wahała się od 66 do 206 g – bezwzględne zawartości badanych pierwiastków w 1000 liści wynosiły: 1430-2858 mg N; 214-430 mg P; 650-1733 mg K; 550-828 mg Ca i 42-177 mg Mg. Przedstawione wyniki dotyczą próbek zbieranych w sierpniu.

Liście dojrzałych grabów zawierały na początku września 1,82% N; 0,12% P; 0,64% K; 2,27% Ca; 0,31% Mg; 0,06% S i 91,7 ppm B (Huzulák 1973).

Najwięcej pierwiastków akumuluje się w liściach, mniej w korze, drewnie pędów, korzeni czy pnia.

W drewnie stężenia pierwiastków są wielokrotnie niższe niż w liściach, według Mařana (1949) cztero-, a nawet czteremastokrotnie. Zróżnicowanie dotyczy również samego drewna, w młodym zawartość pierwiastków jest o 10-30% większa niż w starym, przy czym największe różnice dotyczą zawartości wapnia i potasu (Mařan 1949).

Hofmann (1968) analizował skład chemiczny owocostanów grabu. W połowie listopada stwierdził następujące zawartości: 1,24% N; 0,07% P; 0,40% K; 0,17% Ca i 0,12% Mg, wyrażone w procencie suchej masy.

Wyniki analiz chemicznych materiału roślinnego zależą od wielu czynników. Najważniejsze z nich to zmiany sezonowe, zmiany klimatyczne i związana z tym wilgotność podłoża, ekspozycja, wiek drzewa, jego miejsce socjalne w drzewostanie, warunki w jakich znajduje się materiał badawczy, dostępność pierwiastków uzależniona od składu gleby i cechy dziedziczne.

W ciągu sezonu wegetacyjnego w liściach następuje spadek stężenia azotu o około 50% w stosunku do wiosny, spadek stężenia fosforu, szczególnie w miesiącach wiosennych (maj, czerwiec), z niewielkim wzrostem w miesiącach letnich oraz lekki spadek stężenia potasu wiosną i wzrost w miesiącach letnich lub jesiennych (Czerney i Fiedler 1968; Huzulák 1973; Trillmich i Uebel 1974). Stężenie magnezu i wapnia wykazuje wyraźną tendencję wzrostową wraz z wiekiem liści w ciągu sezonu wegetacyjnego (Huzulák 1973; Trillmich i Uebel 1974). Stwierdzono też sezonowy wzrost stężenia boru i manganu oraz spadek stężenia siarki (Czerney i Fiedler 1968; Huzulák 1973). Wiosenny intensywny spadek koncentracji

azotu czy fosforu w liściach, a także obniżenie stężenia innych elementów, chociaż w mniejszym zakresie, wiąże się zapewne z intensywnym wzrostem tych organów i szybko zwiększającą się ich masą.

Sezonowe zmiany koncentracji pierwiastków występują również w innych organach. Hoffmann (1968) stwierdził zmniejszanie się stężenia azotu w kwiatach, a później w nasionach grabu z 2,4% na początku czerwca do 1% w końcu lipca i następnie lekki wzrost w miesiącach jesiennych.

Wartości stężeń pierwiastków zmieniają się również w poszczególnych latach. W niektórych organach (na przykład w drewnie, korze) zmiany te zachodzą w miarę upływu czasu. Ponadto mogą wynikać ze zmiennych warunków meteorologicznych w poszczególnych latach. Analizy liści 7-letnich grabów wykazały zmniejszanie się stężenia azotu, potasu, wapnia i magnezu oraz wagi 1000 liści w kolejnych pięciu latach (Trillmich i Uebel 1974). Szczególnie zmienne było stężenie azotu, którego różnice między dwoma kolejnymi latami dochodziły do 20%. Po latach suchych z małą ilością opadów nastąpiło istotne zwiększenie koncentracji azotu w liściach. Procentowa zawartość suchej masy liści rosła wraz ze spadkiem zawartości pierwiastków i uzyskała istotnie najwyższą wartość w roku z małą ilością opadów. Spośród analizowanych pierwiastków, w badanym okresie stężenie fosforu w liściach było niezmienne. Huzulák (1973) wysuwa wniosek, że zarówno niskie, jak i nadmierne uwilgotnienie gleby powoduje redukcję zawartości pewnych elementów. W latach deszczowych należy się liczyć również z wymywaniem niektórych pierwiastków z żywych liści (Asche 1988), co spotęgowane jest jeszcze kwaśnymi deszczami.

Huzulák (1973) stwierdził różnice stężenia niektórych pierwiastków w liściach w zależności od ich ekspozycji. Liście od strony zachodniej charakteryzowały się nieco niższym stężeniem azotu i fosforu.

Aby analizy chemiczne liści miały wartość diagnostyczną, należy przestrzegać określonej metodyki zbioru próbek. Ważne jest pobieranie liści będących w jednakowym stadium rozwojowym. Huzulák (1973) na podstawie własnych doświadczeń z grabem uważa, że najlepszym terminem zbioru próbek jest maj, lipiec i październik. Ponadto próbki należy pobierać z różnych punktów korony drzewa, celem uzyskania wartości średniej. Szczególne znaczenie ma reprezentacja liści z różnych poziomów korony drzewa. Grab jest gatunkiem tolerancyjnym na zacienienie. U 80-letnich drzew liście w dolnej części korony są dłuższe, szersze, ale dwukrotnie

lżejsze i charakteryzują się mniejszą aktywnością fizjologiczną (Eliáš 1990).

W literaturze z zakresu mineralnego żywienia grabu brak szczegółowych informacji na temat korelacji między stężeniem pierwiastków w liściach a cechami wzrostowymi drzewa. W badaniach Gruppe i Seitza (1962) na materiale szkółkarskim nie stwierdzono korelacji między wzrostem sadzonek grabu a składem chemicznym ich liści czy gleby. Niemniej jednak w doświadczeniach nawozowych zaznacza się bardzo wyraźny wpływ podawanych elementów mineralnych na ich zawartość w liściach. Także ze względu na liczne współzależności między różnymi pierwiastkami typu antagonistycznego bądź synergicznego, często obserwujemy wpływ jednych elementów na pobieranie innych.

W doświadczeniu z nawożeniem upraw grabowych na nieużytkach i zdegradowanych glebach polnych, ale z dostateczną ilością fosforu w glebie, podawanie azotu zwiększyło stężenie w liściach azotu i potasu oraz absolutną zawartość fosforu i potasu, zmniejszyło natomiast stężenie magnezu i absolutną i procentową zawartość wapnia (Trillmich i Uebel 1974). Podawanie fosforu w warunkach dostatecznej ilości w podłożu nie miało dużego wpływu na jego pobieranie. Dodanie potasu powodowało zwiększenie jego zawartości w liściach. Stosunkowo duże dawki wapnia zwiększyły stężenie tego pierwiastka w liściach, a zmniejszyły stężenie potasu. Największy wpływ na skład chemiczny aparatu asymilacyjnego miało nawożenie magnezem, które zwiększyło w liściach stężenie fosforu i magnezu, a zmniejszyło stężenie wapnia. Równocześnie zwiększyła się w liściach absolutna zawartość azotu, fosforu i magnezu.

Nawóz azotowo-wapniowy podawany 7-letnim grabom rosnącym na glebie pseudoglejowej spowodował zmniejszenie w ich liściach stężenia magnezu, manganu, żelaza i cynku (Czerney i Fiedler 1968).

Ogólnie zatem podawanie jakiegos pierwiastka powoduje zwiększenie jego zawartości w liściach, równocześnie może wpływać pozytywnie lub negatywnie na zawartość innych elementów. Zmniejszenie stężenia innych elementów może wynikać z ograniczenia ich pobierania wskutek antagonistycznego działania jonów lub wskutek efektu rozcieńczenia ze względu na zwiększenie masy liści.

Przy niedostatecznym zaopatrzeniu w składniki pokarmowe lub też w wypadku zakłóceń w ich pobieraniu z podłoża, następuje krytyczne ob-

niżenie poziomu stężeń pierwiastków, przede wszystkim w aparacie asymilacyjnym i związane z tym występowanie charakterystycznych symptomów niedostatku lub braku. Ze względu na nieliczne przykłady opisu takich symptomów dotyczących grabu, konieczne jest wykorzystanie ogólnych informacji dotyczących drzew liściastych (Baule i Fricker 1973).

Przy niedoborze azotu liście są małe i przebarwione na żółtozielono, przy czym objawy dotyczą całego aparatu asymilacyjnego. Długotrwały i znaczny niedobór azotu wiąże się ze słabym wzrostem całego drzewa i niedostatecznym rozwojem pędów.

Brak fosforu z kolei powoduje u drzew liściastych przebarwienie liści na kolor ciemnozielony lub nawet czerwony, przy czym ulistnienie jest rzadsze. Długotrwały brak fosforu powoduje zahamowanie wzrostu i słabsze owocowanie.

Przy braku potasu liście zabarwiają się na ciemno i brązowo. Na brzegach liści występują brązowe nekrotyczne plamy. Brzegi liści są pomarszczone. Przy niedoborze potasu następuje zahamowanie wzrostu systemu korzeniowego. Drzewa stają się mniej odporne na mróz i suszę.

Podobnie jak większość gatunków liściastych, grab jest wapnolubny i mocno reaguje na zakwaszenie gleby, przede wszystkim osłabieniem wzrostu.

Niedobór magnezu objawia się występowaniem, szczególnie na starszych liściach, żółtych, jaśniejszych plam, nieregularnego kształtu, ulokowanych między nerwami liściowymi. Czasem całe liście żółkną i przedwcześnie opadają.

Objawy chorobowe drzew mogą być też wywołane innymi czynnikami abiotycznymi, jak na przykład ekstremalnymi warunkami meteorologicznymi, herbicydami, emisjami przemysłowymi itp. W grę wchodzi również choroby i uszkodzenia powodowane przez czynniki biotyczne. Ponadto mogą występować jednoczesne działania różnych czynników. Dlatego też każda diagnoza musi być ostrożna, oparta na obserwacji przebiegu występowania symptomów oraz ich przestrzennym rozmieszczeniu. Korzystne jest poparcie diagnozy analizą chemiczną liści i gleby.

Właściwe i harmonijne zaopatrzenie drzew w składniki pokarmowe jest podstawowym warunkiem ich prawidłowego wzrostu i rozwoju. Na siedliskach ubogich bądź zdegradowanych istnieje konieczność stosowania nawożenia mineralnego, czyli dodatkowego dostarczenia tych składników, które są czynnikiem limitującym wzrost. Właściwe nawożenie musi być

oparte na znajomości wymagań pokarmowych danego gatunku oraz prawidłowości fizjologicznych decydujących o odżywianiu się drzew. W tym celu zakładane są doświadczenia, w których testuje się wpływ nawozów, a szczególnie ich jakościowego i ilościowego składu, na wzrost danego gatunku. Badania takie prowadzone są najczęściej w formie doświadczeń wazonowych, z zastosowaniem różnych gleb, bądź też bezpośrednio w szkółkach lub na uprawach, a nierzadko w dojrzałych drzewostanach.

Nawożenie azotowe nie miało większego wpływu na wzrost grabu na badanych siedliskach. Dowodzą tego wyniki doświadczenia Thomasiusa (1970), w którym na siedlisku pseudoglejowym, ubogim w składniki pokarmowe, zastosowana w ciągu siedmiu lat łączna dawka nawozowa 210 kg N/ha nie wykazała dodatniego wpływu na wzrost wysokości grabów. Również Trillmich (1979) donosi o ograniczonej reakcji kultur grabowych na azot podawany kilkakrotnie w przeciągu 10 lat na nieużytkach oraz zdegradowanych glebach porolnych, w łącznej dawce 440 kg N/ha.

W tym samym doświadczeniu nie stwierdzono także pozytywnego efektu nawożenia fosforowego. Również Dubois (1978) donosi o braku wpływu nawożenia fosforowego oraz azotowo-fosforowego na wzrost odrosłego lasu grabowego we wschodniej Francji.

Liczne są natomiast doniesienia o korzystnym wpływie nawożenia potasowego, magnezowego, a szczególnie wapniowego (Charitonov 1970; Thomasius 1970; Trillmich i Uebel 1974; Trillmich 1979). Oprócz korzystnego wpływu na wzrost wysokości i przyrost masy, magnez i wapń bardzo istotnie wpływały na przeżywalność grabów (Trillmich i Uebel 1974). W warunkach zdegradowanych gleb porolnych wapnowanie poprawiło zapotrzebowanie roślin w potas i magnez (Trillmich 1979).

W doświadczeniach często stosuje się nawożenie kompleksowe, obejmujące wszystkie podstawowe składniki pokarmowe. Zastosowanie nawożenia kompleksowego na brunatnych górskich glebach Karpat zwiększyło przyrosty wierzchołkowe siewek grabowych w pierwszym roku o 70%, w drugim o 85%, a w trzecim o 41% (Charitonov i Ermolaeva 1969). Ponadto u 3-letnich roślin przyrost pędów bocznych był 2,5 raza większy niż w kontroli, a sucha masa liści przeszła dwukrotnie większa. Hesmer (1960) uzyskał 6-7% poprawę wzrostu grabu wprowadzanego pod drzewostanem dębowym po nawożeniu tomasyną, kalimagnezją, wapnem palonym

i saletrakiem. Natomiast w doświadczeniu Linnemanna (1964) w piątym roku po nawożeniu PKCa 2-letnich sadzonek grabu rosnących na piasku zbielicowanym, uzyskano 35% zwiększenie przyrostów wysokości. Istotne korzyści pod względem wzrostu wysokości, przeżywalności, a również obdrzania nasion uzyskano także w doświadczeniu z nawożeniem grabu różnymi kombinacjami NPKCaMg (Trillmich i Uebel 1974; Trillmich 1979).

Pełne nawożenie kompleksowe z zasady jest korzystniejsze od podawania pojedynczych elementów. Jednak na niektórych siedliskach może być niepotrzebne z ekonomicznego punktu widzenia.

Należy jeszcze odnotować inne korzyści wynikające z nawożenia mineralnego, stwierdzone również u grabu, a mianowicie lepszy rozwój mikorzyzy Linnemann (1964) czy zwiększona odporność na emisję dwutlenku siarki (Němec 1957).

W doświadczeniach porównawczych z innymi gatunkami drzew liściastych grab na nawożenie potasowe czy magnezowe reagował podobnie jak dąb bezszypułkowy (Trillmich 1979). Podobnie jak dąb reagował też na wapnowanie (Charitonov 1970; Thomasius 1970). Jednak po nawożeniu kompleksowym jego reakcja była słabsza niż u lipy (*Tilia cordata*), buka (*Fagus sylvatica*) i klonu (*Acer pseudoplatanus*) (Hesmer 1960; Linnemann 1964).

W literaturze podawane są też zalecenia nawozowe dotyczące grabu. Otóż Němec (1952) polecał stosować na zdegradowanych glebach piaszczystych do 2 kg mączki bazaltowej rozsiewanej wokół każdej sadzonki. Natomiast na uprawach leśnych w Karpatach, Charitonov i Ermolaeva (1969) polecają w czasie sadzenia sól potasową (2 g na sadzonkę), a wiosną następnego roku saletrę amonową (2-3 g) i superfosfat (2 g). W ten sposób przyrost grabu może być na tych siedliskach dwukrotnie większy niż w nie nawożonej kontroli.

Zabiegi nawożeniowe mające na celu zwiększenie przyrostów wskazują na korzystne reagowanie grabu na kompleksowe dostarczanie składników pokarmowych. Szczególną uwagę należy zwracać na właściwe zaopatrzenie w potas, magnez i wapń.

LITERATURA

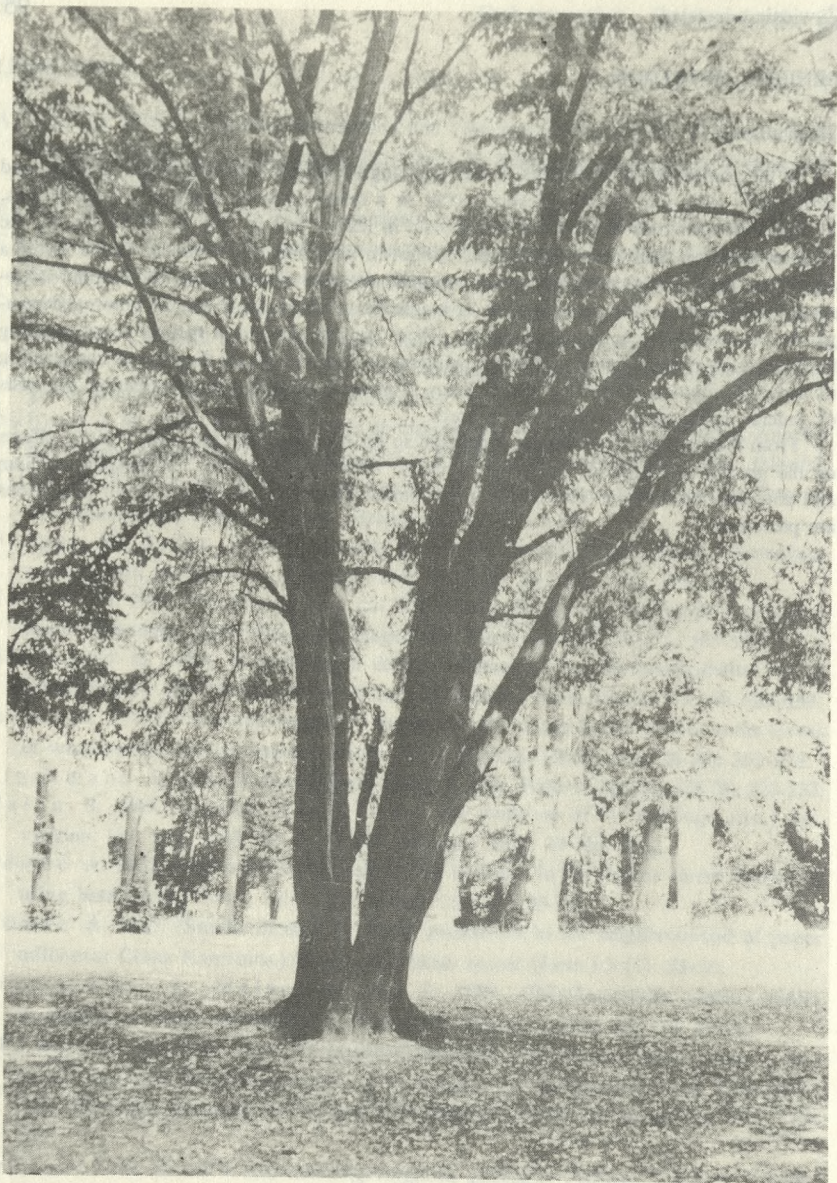
- Asche N. 1988. Deposition, Interception und Pflanzenauswaschung im Kronenraum eines Eichen/Hainbuchen-Bestandes. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 151 (2): 103-107.
- Baule H., Fricker C. 1973. Nawożenie drzew leśnych. PWRiL, Warszawa, 1-316.
- Charitonov G. A. 1970. Značenie izvestkovanija i gipsovanija pri vyraščivanii lesnych kul'tur v Karpatach. Izvestija Vysšich Učebnych Zavedenij, Lesnoj Zurnal 13 (4): 5-7.
- Charitonov G. A., Ermolaeva V. N. 1969. Perspektivy primenenija mineral'nych udobrenij v lesnych kul'turach Karpat. Lesnoe Chozjajstvo 22 (6): 52-56.
- Czerney P., Fiedler H. J. 1968. Zur Mineralstoffdynamic in den Assimilationsorganen gedüngter und ungedüngter Baumarten. Arch. Forstw. 17 (12): 1263-1278.
- Dubois J. M. 1978. Essais sur taillis de charme dans le nord-est de la France. Annales de Recherches Sylvicoles 1977, Association Forêt-Cellulose (AFOCEL) 1978: 338-405.
- Eliáš P. 1990. Effects of the canopy position on shoots and leaves in various trees of an oak-hornbeam forest. Biológia (Bratislava) 45 (1): 31-42.
- Gruppe W., Seitz P. 1962. (A study of the nutrition of nursery plants.) Gartenbauwissenschaft, München 27 (3;4): 247-269; 447-452, 29 (1;3): 1-20; 289-312.
- Hesmer H. 1960. Unterbauversuche mit Winterlinde, Buche und Hainbuche in verschiedenen Verbänden unter Stieleichenstangenholz. Forstarchiv 31 (11/12): 185-192.
- Hoffmann G. 1968. Veränderungen des Gewichtes und des Stickstoffgehaltes wachsender Zapfen und Früchte verschiedener Waldbäume. Arch. Forstw. 17 (6): 629-639.
- Huzulák J. 1973. Seasonal changes in the macronutrient and boron content in the leaves of wood species of the Oak-Hornbeam forest. Biológia (Bratislava) 28 (4): 263-273.
- Linnemann G. 1964. Mykorrhiza und Düngung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 135 (9): 228-233.
- Mařan B. 1949. (Nutrition of forest trees on the rendzinas of the Karlštejn area.) Zpr. vyzkum. Úst. lesn. ČSR No. 3: 75-107. Forestry Abstr. 14 No. 1922.
- Němec A. 1952. (Improvement of podzol with hard-pan in the Zehrov forest district by using basalt dust.) Sborn. csl. Akad. zemed. 25B (2): 83-96.
- Němec A. 1957. (Smoke damage to forest plantations in the neighbourhood of paper mills near Ceska Kamenica.) Sborn. csl. Akad. zemed. (Lesn.) 3 (1): 33-58.
- Sienkiewicz J., Małachowska J. 1989. Charakterystyka opadu ściółki w grądzie i w borze mieszanym w rezerwacie Grzędę. Sylwan 133 (6): 49-58.
- Thomasius H. 1970. Über den Informationsgehalt polyvarianter Experimente – dargestellt an einem Düngungsversuch auf Pseudogley im Wermsdorfer Wald. Tagungsbericht, Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin No. 103: 113-131.
- Trillmich H. D. 1979. Ein Leistungsvergleich gedüngter Fichten-, Kiefern-, Traubeneichen- und Hainbuchenkulturen. Beiträge für die Forstwirtschaft 1 (3): 34-39.
- Trillmich H. D., Uebel E. 1974. Ein Düngungstest zu Hainbuche. Beiträge für die Forstwirtschaft 8 (3): 135-150.

MINERAL NUTRITION

Summary

In the photosynthetic apparatus of well growing hornbeam trees individual elements, and particularly potassium and magnesium occur in a relatively wide range of concentrations. The greatest quantities of elements accumulate in leaves, less in bark or wood. During the vegetative season there occur significant changes in the content of elements. In the spring a significant drop in the concentration of nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur is observed in the leaves. The concentration of magnesium, calcium, and also of boron and manganese increases with the age of the leaves. There are also changes in various years, resulting from different meteorological conditions. Mineral fertilization affects the mineral composition of leaves. Symptoms of lack or of deficiency of mineral elements are described on the basis of general information for broadleaved trees.

From the fertilizer experiments conducted so far it appears that the most positive effects on the growth of hornbeam have been achieved following potassium, magnesium, calcium and complex fertilization. The fertilizer recommendations for young hornbeam plantations are presented.



Park przydworowski w Antopolu pod Nałęczowem
(fot. A. Boratyński)