

## PERSPEKTYWY MINERALNEGO NAWOŻENIA LASU I JEGO ROLA W KSZTAŁTOWANIU ŚRODOWISKA

*Alojzy Kowalkowski*

Zakład Gleboznawstwa i Nawożenia, Instytut Badawczy Leśnictwa,  
Warszawa-Sękocin

### WPROWADZENIE

Nawożenie lasu wywołuje wielokierunkowe interakcje w środowisku żywym i mineralnym, których zasadnicze skutki mogą się wyrazić w ogólnych zmianach biologii ekosystemów leśnych i geochemii krajobrazu z możliwością zanieczyszczenia wód gruntowych.

Uważa się, że dotychczas stosowane nawożenie lasu ma charakter wyłącznie melioracyjny. Jego zasadniczym celem jest bowiem likwidacja błędów popełnionych w przeszłości wskutek totalnej eksploatacji lasu.

Obserwacje wskazują na dodatni wpływ nawożenia na przyrost masy drewna, na odporność drzew na niskie temperatury, emisje przemysłowe, a także na jakość owoców i grzybów leśnych, poprawę bilansu wodnego i powietrznego, co łącznie wpływa dodatnio na środowisko i jego walory rekreacyjne.

Ekosystemy leśne odznaczają się wprawdzie dużą buforowością i zdolnością samoregulacji, w których istotną rolę odgrywają roślinne zbiorowiska dna lasu w interakcji z zakumulowaną próchnicą i mikroorganizmami glebowymi. Jednak, wyciągając wnioski z kłopotów i doświadczeń rolnictwa, powinno się dążyć do stosowania zoptymalizowanego i świadomie sterowanego nawożenia mineralnego, zabezpieczającego ciągłość i wzrost produkcji drewna oraz biologiczną sprawność ekosystemów leśnych, zwiększającą odporność na narastającą presję człowieka.

W przeciwieństwie do rolnictwa eksploatacja lasu spowodowała istotne zubożenie gleb i ekosystemów leśnych w mineralne składniki pokarmowe, szczególnie na obszarach od wieków intensywnie zaludnionych.

Stwierdzone przez leśników możliwości zwiększenia produkcji drewna przez uzupełnienie składników mineralnych w glebie stały się w la-

tach sześćdziesiątych bodźcem szybkiego — żywiłowego rozwoju nawożenia lasu. Jeśli przez 15 lat (do roku 1975) nawieziono łącznie w świecie 7,5-8 mln ha lasu, to już w następnym pięcioleciu 1976-1980 prognozuje się podwojenie tej powierzchni. W wieku XXI przewiduje się zużycie 5-6-krotnie większych ilości nawozów mineralnych w porównaniu z okresem 1970-1975 [5], a stosowane dawki w drzewostanach zostaną podwyższone.

W związku z zainteresowaniem gospodarki leśnej tym zabiegiem i wzrastającym tempem realizacji konieczne jest stworzenia podstaw racjonalnej gospodarki nawozowej w leśnictwie polskim, uwzględniającej, prócz efektów ekonomicznych, podstawowe wymogi kształtowania i ochrony środowiska.

Za podstawę wyjściową niniejszego opracowania przyjęto koncepcję rotacyjnego systemu nawożenia lasu, dostosowanego do rotacji użytkowania drzewostanu [7].

#### ZAŁOŻENIA PODSYSTEMU NAWOŻENIA LASU

Celem mineralnego nawożenia lasu jest zapewnienie optymalnego i zrównoważonego bilansu składników pokarmowych w środowisku wzrostu drzew, tj. w glebie, dla zachowania i zwiększenia wysokiej produktywności ekosystemów.

Za optymalne należy uważać sukcesywne wprowadzanie składników pokarmowych do środowiska leśnego, z zastosowaniem rotacji nawiązującej do cyklu produkcyjnego drzewostanu. System ten nawiązuje więc do zmieniających się wymagań pokarmowych drzewostanów w poszczególnych fazach wzrostu. Okresy przed wyrębem, przed zwarciem i po zwarciu uważa się za optymalne do nawożenia [3, 7].

Na siedliskach i glebach zdegradowanych oraz w zasięgu emisji przemysłowych nawożenie mineralne zazwyczaj wyrównuje stosunki ilościowe i bilans składników mineralnych. Melioracyjne znaczenie tego zabiegu polega na trwałym zwiększeniu zasobności i produktywności gleb oraz na zwiększeniu odporności biologicznej ekosystemów leśnych na presję człowieka. Stopień i potrzeby nawożenia zazwyczaj odpowiadają możliwemu rozmiarowi zwiększenia plonu [4].

Podstawą nawożenia mineralnego lasów powinna być geoeekologiczna regionalizacja przestrzeni produkcyjnej, uwzględniająca potencjalne typy wykorzystania zasobów przyrody oraz przestrzeni produkcji biologicznej włącznie z podziałem lasów na grupy funkcjonalne.

Według prognozy rozwoju leśnictwa [10], obszary leśne pod względem spełnianych funkcji można podzielić na pięć grup. Każda z nich wymaga odrębnego programu nawożenia i techniki zagospodarowania.

1. Parki narodowe, rezerваты przyrody i glebowe powierzchnie wzorcowe, podlegające przepisom ochrony przyrody — całkowicie wyłączone z zabiegu nawożenia.

2. Lasy o wielostronnej funkcji gospodarczej z przewagą funkcji pozagospodarczych, spełniające głównie rolę glebo- i wodochronną, klimatyczną, turystyczno-wypoczynkową, estetyczno-krajobrazową, mieszkalną — podlegają rotacjom nawożenia z uwzględnieniem jego roli wyrównawczej i regulującej.

3. Lasy o wielostronnej funkcji jednocześnie gospodarczej i pozagospodarczej — podlegają normalnym rotacjom nawożenia.

4. Lasy o funkcji intensywnej produkcji drewna dla zaspokojenia potrzeb społecznych — podlegają normalnym rotacjom nawożenia.

5. Lasy ochronne w okręgach przemysłowych i zurbanizowanych, rekultywowane i zalesiane tereny z glebami uszkodzonymi lub zniszczonymi, nieużytkami i najslabszymi użytkami porolnymi — wymagają intensywnych nawożeń i neutralizacji substancji szkodliwych w środowisku glebowym.

Zasada racjonalnego i sterowanego stosowania nawozów w praktyce leśnej będzie zrealizowana, jeśli spełnione zostaną następujące warunki:

— identyfikacja składników pokarmowych roślin aktualnie limitujących wzrost drzewostanu i ich granicznych zawartości w glebach i roślinach.

— dobór najbardziej efektywnych nawozów w danych warunkach ekosystemu,

— zastosowanie odpowiednich dawek potrzebnych składników pokarmowych dla usunięcia i uniknięcia zakłóceń w bilansie składników mineralnych,

— wykonanie nawożenia wówczas, gdy jest ono najbardziej potrzebne oraz w sposób umożliwiający bezpośrednią dostępność składników pokarmowych z nawozów.

Wiadomo, że bezpośrednie efekty nawożenia mineralnego w drzewostanie są stosunkowo lepsze na siedliskach i glebach słabych, natomiast zmiany w składzie ilościowym i w jakości zbiorowisk roślinnych dna lasu przebiegają szybciej na siedliskach i glebach mocniejszych.

#### ZARYS PROGNOZY STANU ŚRODOWISKA LEŚNEGO I POTRZEB NAWOŻENIA

Na podstawie dotychczasowych wyników badań i stwierdzeń praktycznych można założyć, że nawożenie mineralne jest niezbędnym czynnikiem utrzymania w różnych warunkach antropogenizacji krajobrazu sprawności biologicznej ekosystemów leśnych i wysokiej produkcji pło-

nu. Zabieg ten będzie szczególnie efektywny na labilnych siedliskach średnioprodukcyjnych i niskoprodukcyjnych o zachwianym bilansie składników mineralnych wskutek eksploatacji lasu lub innej działalności człowieka.

Procentowy udział tych siedlisk w ogólnej powierzchni leśnej pozostanie nie zmieniony [10, 11] do roku 2000 i wyniesie około 75% powierzchni leśnej, co w zasadzie odpowiada w przybliżeniu powierzchni drzewostanów z przewagą monokultur sosnowych (tabela).

Tabela

Powierzchnia leśna w tys. ha z podziałem na siedliska nisko, średnio i wysokoprodukcyjne oraz powierzchnie drzewostanów iglastych (wg A. Kowalkowskiego i A. Ostrowskiej, 1974)

Powierzchnia leśna siedlisk	Lata				
	1971	1981	1991	2001	2030
Ogółem	8 460	8 987	9 513	10 040	11 039
wysokoprodukcyjne	2 115	2 246	2 473	2 610	2 870
średnioprodukcyjne	1 692	1 747	2 283	2 410	2 649
niskoprodukcyjne	4 653	4 494	4 757	5 002	5 508
średnio i niskoprodukcyjne	6 345	6 741	7 040	7 412	8 157
Przewidywana — drzewostanów sosnowych	6 345	6 741	7 135	7 530	8 285
Łączna — drzewostanów iglastych	6 986	7 462	7 955	8 453	

Biorąc pod uwagę powyższe, a także fakt, że do roku 1990 około 2 mln ha lasu znajdzie się pod wpływem przemysłowych zanieczyszczeń i górnictwa, a dalsze 2 mln ha przejmie częściową funkcję zdrowotno-rekreacyjną — utrzymanie i zrealizowanie przyjętej zasady wyprzedzania produkcji towarowej przez produkcję biologiczną lasów [5] w obecnym stanie wiedzy i techniki będzie z natychmiastowym efektem możliwe jedynie przy nawożeniu mineralnym.

Zgodnie z prognozą podaną przez Kowalkowskiego i Ostrowską [7], do roku 2010 nawożeniem powinno być objęte łącznie 8450 tys. ha lasów, głównie pod drzewostanami sosnowymi, z 1-3-krotnymi powtórzeniami w każdym nawrocie w uprawach, drzewostanach bliskorębnych i wchodzących w okres kulminacji wzrostu (drzewostany średniowiekowe). W tej powierzchni mieści się również większa część obszarów leśnych zagrożonych przez przemysł i znajdujących się pod presją człowieka.

Wersja minimum prognozy nawożenia przewiduje w dziesięcioleciach 1981-1990, 1991-2000 konieczność dwukrotnego powtórzenia nawożenia



w uprawach i drzewostanach bliskorębnych oraz jednokrotnego zabiegu nawożenia w drzewostanach średniowiekowych. W dziesięcioleciu 2001-2010 przewiduje się potrzebę dwukrotnego powtórzenia nawożenia w drzewostanach średniowiekowych i przedrębnych oraz trzykrotnego w uprawach. W wersji minimum zabieg nawożenia byłby więc w powtórzeniach wykonany do roku 2010 na łącznej powierzchni 15 mln ha.

Wersja optimum zakłada potrzebę trzykrotnego powtórzenia nawożenia upraw oraz dwukrotnego — drzewostanów średniowiekowych i przedrębnych w dziesięcioleciach 1981-1990, 1991-2010. W dziesięcioleciu 2001-2010 natomiast uprawy, drzewostany średniowiekowe i przedrębne powinny być nawożone trzykrotnie. W wersji optimum łączna powierzchnia nawożona do roku 2010 wyniesie około 19 mln ha.

Przedstawiona prognoza przewiduje sukcesywną intensyfikację zabiegu nawożenia, w pierwszej 30-letniej rotacji. Nie osiągnie ona jednak ze względów technicznych i socjologicznych możliwego dla środowiska lasów sosnowych optymalnego pułapu technologii, którego przybliżenie mogłoby nastąpić w następnej rotacji po roku 2010.

Przewidywane średnie dawki N, P, K, Mg są stosunkowo niskie i w dziesięcioleciu 1981-1990 wyniosą w wersji minimum 325-485 kg/ha, w wersji optimum 440-660 kg/ha w czystym składniku. W dziesięcioleciu 1991-2000 są one nieznacznie wyższe — w wersji minimum 327-485 kg/ha, w wersji optimum 448-660 kg/ha w czystym składniku.

W najbliższym dwudziestoleciu praktycznie średnia łączna dawka nawozów mineralnych będzie się wahała od 325 do 660 kg/ha w czystym składniku. Przy znanym długotrwałym działaniu nawozów i odpowiednio założonym długim okresie nawrotów (30 lat), przewidziane dawki nie powinny stwarzać istotnego zagrożenia dla ekosystemów leśnych, jeśli technologia nawożenia będzie właściwa.

Wymienione ilości nawozów powinny być stosunkowo łatwo adsorbowane przez biologiczno-glebowy filtr ekosystemów leśnych, przy minimalnych bezpośrednich stratach rzędu 10-25%. Filtr ten odznacza się znacznie większą pojemnością i buforowością od odpowiadających gleb uprawnych, pod warunkiem jednak, że nie został on zakłócony lub zniszczony (np. przez uprawę mechaniczną gleby).

Główny ciężar zabiegu nawożenia skoncentruje się w uprawach i zalesieniach sosnowych, gdzie przewiduje się pełne nawożenie N, P, K, w miarę potrzeby Ca i Mg. Drzewostany średniowiekowe, wymagające przeważnie nawożenia azotowego, w razie potrzeby potasowego i magnezowego, oraz drzewostany przedrębne, wymagające zazwyczaj nawożenia azotowego, znajdują się pod stosunkowo słabszą presją zabiegu nawożenia mineralnego.

## ELEMENTY WIELOSTRONNEGO WPŁYWU NAWOŻENIA MINERALNEGO NA CZĘŚCI SKŁADOWE EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH

Pomijając znany dodatni wpływ nawożenia mineralnego na wzrost drzew leśnych, należy uzmysłowić sobie, że ingerencja do systemu geochemicznego krajobrazu i ekosystemu leśnego wywołuje istotne negatywne i pozytywne skutki w roślinności dna lasu, wodach gruntowych i powierzchniowych, składzie mikro- i mezofauny glebowej, szkodników drzew, dzikiej zwierzyny.

Stosowane nawozy działają toksycznie na okrywę mszystą. Drobnziarnista odmiana kainitu skutecznie niszczy wrzos i borówkę czernicę. Na wiele innych roślin dna lasu nawozy wpływają stymulująco, co może okresowo niekorzystnie determinować wzrost upraw. W zwartych drzewostanach z ocienioną glebą wpływ na roślinność dna lasu jest niewielki.

Chlor zawarty w niektórych nawozach wpływa hamująca na wzrost siewek i sadzonek drzew iglastych oraz liściastych. Nawozy azotowe działają na drzewostany przez 5-10-letni okres. Rozpuszczalne nawozy fosforowe — 20-30 lat, potasowe 25-40 lat. Wysokie dawki wapna i NPK powodują zwiększenie gęstości systemów korzeniowych, masa liści i igliwia jest również większa, co ma wpływ na transpirację drzew i na procesy glebowe.

Nawozy mineralne bezpośrednio kształtują zespoły glebowych mikroorganizmów, głównie przez zmiany pH, stosunków C:N i innych czynników żywieniowych, a pośrednio — wskutek zwiększenia opadu ściółki.

Aktywność mikoryzy jest zazwyczaj większa w glebach ubogich w azot, przy niskich wartościach pH. Nawożenie mineralne powoduje jej znaczne zmniejszenie. Zależy ona jednak głównie od zawartości składników pokarmowych w roślinie, stąd dolistne nawożenie może być większym zagrożeniem mikoryzy niż doglebowe. Wiązanie azotu przez glebowe organizmy symbiotyczne i niesymbiotyczne po nawożeniu azotem jest wyraźnie zahamowane. Po zastosowaniu mocznika występuje jednak wzrost aktywności ureazy. Nie uprawiane gleby leśne po nawożeniu wykazują tendencję do wzmożonej akumulacji próchnicy. Korzystne efekty wapnowania na mikroflorę glebową utrzymują się do 50 lat. Nawożenie powoduje jednak często natężenie chorób wirusowych drzew i krzewów.

Po nawożeniu mineralnym wzrasta w glebach liczebność nicieni, dżdżownic, skoczogonków. Stymulacja utrzymuje się zazwyczaj 4-5 lat po nawożeniu i wykazuje persystencję do 10 lat. Wapnowanie zazwyczaj obniża liczebność grzybów i nicieni. Gazowy amoniak redukuje wszystkie grupy organizmów glebowych. W wielu przypadkach  $\text{NH}_3$  powoduje nagle zwiększenie liczebności organizmów glebowych lub — po początkowym krótkotrwałym spadku — nagły wzrost liczebności.

Przywrócenie równowagi w bilansie składników mineralnych i przybliżenie warunków wzrostu do optymalnych zmniejsza zazwyczaj zagrożenie przez szkodniki. Zjawisko to polega głównie na zwiększeniu zdolności do regeneracji drzew po uszkodzeniach spowodowanych gradacjami szkodników. Zdarza się, że nawożenie zwiększa śmiertelność niektórych grup szkodników, stymuluje natomiast populacje innych. Nawozy azotowe oraz N, P, K zwiększają podatność drzew na infekcje grzybowe włącznie z *Fusarium*, *Verticillium*, niektórymi rdzami. Zmniejszają natomiast podatność na *Lophodermium pinastri*, *Phytophthora cinnamoni*, *Ceratocystis ulmi* i *C. fagacearum*. Wzrost pH po wapnowaniu lub zastosowaniu  $\text{NH}_3$  powoduje zwiększenie pojawów *Fomes annosus*, podobnie po nawożeniu mocznikiem. Nawożenie potasowe zazwyczaj redukuje zagrożenie drzewostanu, szczególnie w przypadkach podwyższonej zawartości N w środowisku glebowym.

Szkody wśród dzikiej zwierzyny powstają na ogół po nawożeniu N lub NP i NK, są większe niż w przypadku nawożenia P, PK lub  $\text{CaCO}_3$ . Ptaki zazwyczaj cierpią wskutek spożywania ziaren nawozów.

W czynnych ekosystemach leśnych wymywanie azotu pochodzącego z mocznika jest na ogół niewielkie. Ogólnie biorąc, po roku od dodania do gleby mocznika, amoniaku i azotanów w ilości po 250 kg/ha stwierdzono w glebie 76, 63 i 23% tych nawozów. Lepiej akumuluje się w glebie azot z mocznika, natomiast azotany są łatwo wymywane poza zasięg systemów korzeniowych. Wymywanie potasu ma zazwyczaj niewielki wpływ na biologię zbiorników wodnych. Natomiast niewielki wzrost stężenia fosforu wywołuje niekorzystną stymulację organizmów żyjących w wodzie.

W niektórych zlewniach stwierdza się po wysokich dawkach nawożenia zmniejszenie spływu i odpływu wód. W związku z tym maleje potencjalna możliwość wymywania nawozów z gleb. Zazwyczaj wymywanie w normalnie czynnych glebach leśnych jest niewielkie i utrzymuje się po zabiegu nawożenia na podwyższonym poziomie do 1 miesiąca. Pełna lub częściowa uprawa gleb na zrębach zwiększa wydawnie przemywanie składników mineralnych do zbiorników wodnych.

Z gleb jedynie część nawozów azotowych jest pobierana przez drzewa, większość jest wiązana, głównie w poziomie próchnicznym, powodując przyspieszony rozkład substancji organicznych. W tych warunkach w roztworach przenikających przez poziom próchniczny stwierdza się podwyższone stężenia P, K, Ca, Mg, a także wymywanie zdyspergowanej próchnicy zawierającej Fe, Mn, Zn.

Dodanie amonowych form nawozów wywołuje zmiany właściwości próchnicy, zwiększa jej rozpuszczalność, migrację i akumulację w dolnej części profilu glebowego lub zwiększa jej stężenie w wodach gruntowych.



Niektórzy badacze stwierdzają dominację fizykochemicznych procesów rozkładu substancji organicznych pod wpływem mocznika oraz zwiększenie rozpuszczalności próchnicy, szczególnie przez powstający amoniak.

Nawozy fosforowe wpływają również na fizyczne właściwości gleb i na drenaż, wiążą Fe, Al, Mn.

Pomimo że zastosowanie siarczanu amonowego może zakwaszać gleby, wprowadzana z nim siarka we współdziałaniu z azotem korzystnie zwiększa dynamikę wzrostu drzewostanu.

Wiadomo, że górna część profilu gleb siedlisk borowych do 30-40 cm ma wysoką zdolność filtracyjno-adsorbcyjną. W doświadczeniach stwierdzono np., że w normalnych warunkach 62-85% azotu i cała ilość fosforu z nawozów pozostają w tej części profilu glebowego.

#### ELEMENTY RACJONALNEGO PODSYSTEMU NAWOŻENIA LASU

Do nienaruszalnych elementów prognozowania i realizacji przestrzennego zagospodarowania obszarów należy zasada konieczności zachowania dla pożytku obecnych i przyszłych pokoleń naturalnych zasobów ziemi, włącznie z powietrzem, wodą, glebą, florą, fauną. Właściwe planowanie i odpowiednia realizacja nawożenia lasów będzie jednym z istotnych czynników postulowanego w Raporcie Sztokholmskim [12] oraz w Europejskiej Karcie Gleby [1] zachowania naturalnej zdolności ziemi pod lasami do produkowania żywych zasobów odnawialnych wszędzie tam, gdzie jest to możliwe w sposób rozszerzony i udoskonalony.

Właściwie pojęte nawożenie lasów jest więc jednym z czynników ochrony i kształtowania środowiska życia człowieka.

Rozpatrując nawożenie lasów z punktu widzenia zabiegu melioracyjnego, który nie powinien zawierać cech zagrożenia ekosystemów leśnych, odczuwa się konieczność jego optymalizacji przyrodniczej. W świetle przedstawionych przykładów wielostronnego oddziaływania tego zabiegu i nie zawsze znanych lub oczekiwanych efektów, zrozumiała staje się tendencja do intensyfikacji badań w wielu laboratoriach świata.

W rezultacie badań nad interakcjami bezpośrednich (światło, ciepło, woda, składniki pokarmowe) i pośrednich czynników wzrostu roślin (wzniesienie nad poziom morza, ekspozycja, budowa geologiczna, typy gleb) a zabiegami gospodarczymi człowieka i ubocznymi wpływami jego działalności powstają modele systemów nawożenia o różnych zadaniach docelowych. Na ogół przyjmuje się założenie, że właściwie zastosowane nawożenie lasów nie może zagrażać środowisku. Wręcz przeciwnie — powinno służyć jego zabezpieczeniu, między innymi polepszeniu jakości wód gruntowych przez biologiczne zaktywizowanie gleby [8, 13].

Realizacja nawożenia interpretowanego w sensie sterowanej interwen-



cji w systemie zagospodarowania lasu w optymalnym zakresie nie jest współcześnie możliwa.

Do sformułowania zoptymalizowanego programu nawożenia konieczne są informacje podstawowe charakteryzujące ekosystemy leśne oraz bieżące informacje o dynamice rozwojowej poszczególnych ich elementów składowych.

Do informacji podstawowych, które powinny znajdować się w dyspozycji ośrodków informacyjnych, należą:

1) udokumentowana regionalizacja kraju (np. na podstawach geochemicznych), uwzględniająca potencjalne struktury użytkowania ziemi;

2) dane do charakterystyki aktualnej struktury użytkowania i zagospodarowania krajobrazów, form i rozmiarów degradacji środowiska użytkowanego przez człowieka;

3) dokumentacje przestrzennych makro- i mikrostruktur oraz elementów składowych środowiska i regionów w sensie makro- i mikrostruktur budowy geologicznej, pokrywy glebowej, warunków hydrologicznych, zbiorowisk roślinnych, warunków klimatycznych;

4) dane do charakterystyki stanów obciążenia antropogenezą poszczególnych elementów składowych ekosystemów (przemysł, urbanizacja, górnictwo itp.);

5) charakterystyki optymalnych stanów stężeń składników pokarmowych w roślinach i w glebach oraz sprecyzowane optymalne metody diagnostyki stanów gleby i roślin, z uwzględnieniem zdolności wykorzystywania zasobów glebowych i nawozów przez poszczególne gatunki lasotwórcze i drzewostany, oraz ich reakcji na nawożenie w określonych warunkach środowiska.

Informacje, dotyczące aktualnej dynamiki poszczególnych elementów składowych ekosystemów, będące podstawą formułowania prognoz i bieżących zaleceń praktycznych, mogą być gromadzone w skali obszarów naszego Kraju jedynie w systemie informatycznym typu *monitoring* (lub *remote sensing*). Zbiory informacji posłużyłyby do opracowania modeli krajobrazów naturalnych i zmienionych w aspekcie żywieniowym oraz zanieczyszczenia ekosystemów jako podstawy prognozowania potrzeb nawożenia z uwzględnieniem długookresowości gospodarki leśnej.

Tak skonstruowane modele mogłyby przybliżyć i zabezpieczyć optymalne nawożenie lasu. Współcześnie jednak nie jest to możliwe, gdyż zarówno nauki leśne, jak i centrum informatyczne leśnictwa nie dysponują odpowiednim zasobem materiałów informacyjnych podstawowych oraz informacji o dynamice procesów poszczególnych elementów składowych ekosystemów leśnych aktualnych i potencjalnych na obszarach naszego kraju.

Zaledwie cząstkowe wiadomości o glebach leśnych kraju, prawidłowościach i prawach ich struktur przestrzennych, produktywności potencjalnej i aktualnej, a także o potrzebach pokarmowych podstawowych gatunków lasotwórczych uniemożliwiają stworzenie zoptymalizowanego podsystemu nawożenia lasu.

Dalszym niekorzystnym elementem jest również nie sprecyzowana koncepcja odnośnie *monitoringu* środowiska przyrodniczego, który powinien obejmować stałą kontrolą atmosferę, wody, gleby, roślinność w ekosystemowym i regionalnym ujęciu, z uwzględnieniem stopnia i natężenia antropogenizacji.

Rozpowszechnienie nawożenia w praktyce leśnej oraz konieczność tego zabiegu na obszarach o silnie zdegradowanych glebach, podlegających szkodliwym imisjom lub znajdujących się pod wpływem innych zagrożeń, z konieczności zmusza do realizacji programu minimum. Jego koncepcja opiera się przede wszystkim na ustaleniu aktualnego stanu środowiska glebowego i drzewostanów, na ocenie na tej podstawie potrzeb i dawek oraz sposobów nawożenia.

Przyjmując ten stan za przejściowy, opracowano i wprowadzono w życie koncepcję uproszczonego podsystemu nawożenia lasu [6]. Regulatorem przyjmującym zespoły informacji o stanie gleb i drzewostanów, warunkach klimatycznych, modelu geochemicznym krainy, dostępnych nawozach itp., przekształcającym je w zalecenia nawozowe są w praktyce pracownie gleboznawczo-nawożeniowe Biura Urządzenia i Geodezji Leśnej. Realizatorem opracowanych zaleceń powinno być wyspecjalizowane przedsiębiorstwo, dysponujące personelem i sprzętem technicznym.

Cykl zabiegu nawożenia w programie minimum [2, 9] powinien składać się z kolejnych etapów:

- 1) wstępnego zakwalifikowania siedlisk i gleb do nawożenia podczas urządzania lasu;
- 2) określenia aktualnego stanu zasobności gleb oraz stanu zaspokojenia potrzeb pokarmowych głównych gatunków lasotwórczych na podstawie stężeń składników pokarmowych w glebach i igliwiu (liściach);
- 3) ustalenia potrzeb i pilności nawożenia drzewostanu oraz dawek i form nawozów;
- 4) wykonania zabiegu nawożenia;
- 5) obserwacji i pomiarów efektywności zastosowanego nawożenia na założonych powierzchniach porównawczych.

Informacje o obiektach (gleby, drzewostany) i ich środowisku powinny być nagromadzane i przetwarzane według ujednoczonych metod w zoptymalizowane programy nawożenia. Normalizacja zbieranych informa-

cji zabezpieczy także możliwość ich wykorzystania do analizy efektywności zabiegów nawożenia, dostosowanych do zoptymalizowanego przestrzennego podziału obszarów leśnych, długofalowych planów sterowania produkcją biomasy, zagospodarowania lasów na podstawach glebowo-siedliskowych itp.

#### PODSUMOWANIE

W kompleksowo traktowanym ekosystemie leśnym wprowadzone dawki nawozów mineralnych nie spowodują ubocznych niekorzystnych skutków, jeśli będą one ustalone na podstawie poznanego obiegu składników pokarmowych w systemie gleba — roślina. Zasadniczym celem tego zabiegu jest zapewnienie optymalnego i zrównoważonego bilansu składników pokarmowych w środowisku wzrostu drzew, a więc w glebie.

Sukcesywne wprowadzanie składników mineralnych do środowiska leśnego, uwzględniające wymagania pokarmowe drzewostanów w poszczególnych fazach ich wzrostu, zakłócenia stosunków ilościowych składników pokarmowych w glebach wskutek eksploatacji lasu, w glebach, wodach i atmosferze wskutek życiowej działalności człowieka, będzie czynnikiem trwałego zwiększenia zasobności i produktywności najczęściej zubożonych i zdegradowanych gleb leśnych oraz zwiększenia odporności biologicznej ekosystemów leśnych na presję człowieka. Racjonalne i sterowane nawożenie dostosowane do funkcji socjalnych i gospodarczych lasu będzie więc jednym z podstawowych czynników ochrony i kształtowania środowiska życia człowieka.

Heterogeniczność ekosystemów leśnych i związana z nią ograniczoność przenoszenia wyników badań nad nawożeniem na inne obszary zmusza do podjęcia kompleksowych badań nad glebą i drzewostanem w celu stworzenia podstaw do opracowania długofalowych programów nawożenia.

W miarę optymalny system programowania nawożenia mineralnego lasów, uwzględniający wielofunkcyjne aspekty ekosystemów, powinien być oparty na następujących przesłankach:

- 1) regionalizacji geochemicznej krajobrazów i inwentaryzacji ich elementów składowych naturalnych oraz powstałych wskutek presji człowieka, włącznie z matematycznymi modelami ich gospodarczo oraz przyrodniczo zoptymalizowanych układów;

- 2) systemu kontroli, *monitoring* naturalnych i antropogenicznie uwarunkowanych dynamik obiegu i przemian substancji organicznych, i składników mineralnych, oraz wody w typowych ekosystemach leśnych naturalnych i zniekształconych, włącznie z przetwarzaniem danych na zoptymalizowane programy i wskazówki zagospodarowania;

3) podstawowych badań nad potencjalną i aktualną produktywnością gleb i siedlisk, ich przemianami pod presją człowieka oraz nad programami ich optymalnego kształtowania, regulacji obiegu składników mineralnych i substancji organicznych za pomocą nawożenia mineralnego;

4) związków między potrzebami pokarmowymi najważniejszych gatunków lasotwórczych a stężeniem tych składników w glebach w określonych warunkach środowiska geochemicznego w celu sterowanego kształtowania wzrostu drzewostanów odpowiednio do aktualnie spełnianych funkcji społeczno-gospodarczych;

5) możliwości sterowania procesami glebowymi optymalizującymi wykorzystanie zasobów naturalnych i wybiórczo dodawanych reagentów na drodze stymulacji aktywności wybranych grup organizmów glebowych w celu wielokierunkowego zagospodarowania ekosystemów leśnych, odpowiednio do spełnianych obecnie i prognozowanych funkcji;

6) wyselekcjonowanie najbardziej przydatnych form nawozów mineralnych o parametrach i cechach odpowiadających zoptymalizowanym programom nawożenia w systemie długookresowej rotacji eksploatacji drzewostanów.

Wymienione dezyderaty zawierają w ogólnie ujętych sformułowaniach cechy obszernych programów badawczych. Ich realizacja w najbliższym 5-10-leciu może zabezpieczyć postulaty organizacyjno-gospodarcze praktyki leśnej. Jeśli nauki leśne nie stworzą tych przesłanek, zabieg nawożenia lasu może utracić swoje pozytywne walory i stać się elementem pogłębiającym niezrównowagę obiegu biologicznego i geochemicznego składników mineralnych.

#### LITERATURA

1. Europejska Karta Gleby. Zesz. dok. Ser. Monogr. Ochr. Środ., nr 7/9, Centr. Ośr. Dok. Pras. (PAP), 1973.
2. Janiszewski B., Kowalkowski A.: Wstępne wytyczne nawożenia lasu. IBL Warszawa-Sękocin, 1974.
3. Kawana A.: Method of forest fertilization. Potassium Rev., 22, 1966.
4. Kopp D., Schübel G.: Standortliche Grundlagen für die Steigerung der Waldbodenfruchtbarkeit. Arch. Forstwes. 20, 1971.
5. Kovda V. A.: Biosphere, soils and their utilisation. Moscow 1974.
6. Kowalkowski A.: Nowsze kierunki w nawożeniu gleb leśnych. Sylwan 3, 1973.
7. Kowalkowski A., Ostrowska A.: Ekologiczne podstawy prognozowania nawożenia mineralnego lasów do roku 1990 i 2030. Prognoza, IBL, Warszawa 1975.
8. Kowalkowski A.: Mineralne nawożenie drzewostanów. Skrypt SGGW, Warszawa 1976.
9. Krauss H. H.: Zur Vorbereitung von grossflächigen Düngung in den StFB. Die Sozialistische Forstwirtschaft., 7, 1975.



10. Prognoza rozwoju leśnictwa w Polsce na lata 1975-2030 (wersja końcowa — część I) IBL, Warszawa 1974.
11. Prognoza rozwoju zasobów drzewnych i możliwości użytkowania do 2000 roku. Informacja dla RWPG, IBL, Warszawa 1974.
12. Raport konferencji ONZ w sprawie środowiska. Sztokholm 5-6 czerwca 1972.
13. Ulrich B.: Betriebswirtschaftliche Konsequenzen von Eingriffen in den Nährstoffhaushalt von Wald-Ökosystemen. Forstarchiv 7, 1972.

*Алойзы Ковальковски*

## ПЕРСПЕКТИВЫ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ЛЕСА И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ СРЕДЫ

### Резюме

Целью минерального удобрения леса является обеспечение оптимального и уравновешенного баланса питательных элементов в почве. Оптимальным считается последовательное введение питательных веществ в лесную среду, с применением ротации приуроченной к производственному циклу древостоя. Эта система учитывает изменяющиеся потребности древостоев в питательных веществах в отдельных стадиях их роста. Следует составлять отдельные программы удобрения и освоения в зависимости от функций выполняемых данной лесной площадью. Удобрение будет особенно эффективным на низко- и среднепроизводственных местообитаниях, с нарушенным балансом минеральных элементов в связи с хозяйственной деятельностью человека. Исходя из этой предпосылки, составлен прогноз удобрения в версиях минимальной и оптимальной для первой 30-годовой ротации. Рассмотрены также некоторые элементы многостороннего влияния минерального удобрения на отдельные компоненты лесных экосистем. Правильное планирование и выполнение удобрения леса будут являться существенным фактором сохранения природной способности почвы под лесами производства живых ресурсов, а также одним из факторов охраны и формирования среды. Для составления оптимальной программы удобрения необходимы основные информации характеризующие лесные экосистемы, а также текущие информации о развиевой динамике их отдельных составных элементов. Неполное или лишь частичное знакомство лесных почв, закономерностей их пространственных структур, потенциальной и актуальной продуктивности, а также потребностей основных лесообразовательных видов в питательных элементах, делает невозможным создание оптимизированной подсистемы удобрения леса. Считая это положение временным, была разработана и внедрена в практику концепция упрощенной подсистемы удобрения леса. Регулятором в этой системе являются почвоведческо-удобрительные станции подчиненные Бюро лесоустройства и лесной продукции. Гетерогенность лесных экосистем и связанная с ней ограниченность использования результатов исследований на других площадях, создает необходимость проведения комплексных исследований в области регулирования объектов почвы и древостоев с целью разработки основ долгосрочной программы удобрения. Особенно важным является создание системы контроля и мониторинга природных и антропогенных лесных экосистем, а также проведения исследований по потенциальной и актуальной продуктивности почв и местообитаний, с учетом их динамических и антропогенетических аспектов.

*Alojzy Kowalkowski*

PERSPECTIVES OF MINERAL FERTILIZATION OF FOREST  
AND ITS ROLE IN THE ENVIRONMENT FORMATION

S u m m a r y

The aim of the mineral fertilization of forest is to ensure an optimal and levelled balance of nutrient elements in soil. As optimum the successive introduction of nutrients into the forest habitat at its rotation corresponding to the tree stand production cycle is regarded. This system takes into account changes of the requirement of nutrients at their particular growth stages. Separate programs of fertilization and management ought to be applied depending on functions fulfilled by the given forest areas. The fertilization will be particularly effective on low and medium-productive habitats, with the disturbed balance of mineral elements connected with the economic activity of man. Basing on this assumption, the forecast of fertilization in minimum and optimum versions for the first 30-year rotation has been set up. Also some elements of many-sided effect of mineral fertilization on particular components of forest ecosystems are discussed. An appropriate planning and execution of the forest fertilization will constitute a significant factor of preservation of natural ability of soil under forests for production of living resources as well as one of the factors of protection and formation of the environment. To set up an optimum program of the fertilization, basic information characterizing forest ecosystems as well as current information about the development dynamics of their particular components would be necessary. An incomplete and only partial knowledge of forest soils, of regularities of their spatial structures and laws governing their spatial, potential and actual productivity as well as nutrient requirement of basic forest-forming species, makes impossible setting up an optimized forest fertilization subsystem. While regarding this state as transitory one, a conception of simplified forest fertilization subsystem has been developed and introduced into practice.

This system is controlled by Pedologic and Fertilization Laboratories, subordinated to the Forest Management and Geodesy Board. The heterogeneity of forest ecosystems and limitations in application of the investigation results on other areas make necessary complex studies on the controlled soil and treestand objects with the purpose of elaboration of long-term fertilization programs. The creation of controlling and monitoring system on natural and antropogenic forest ecosystems as well as the investigations on potential and actual productivity of soil and habitats, taking into account the dynamical and anthropogenic aspects, would be necessary as well.