

KAZIMIERZ H. DYGUŚ

Reakcja ekosystemu leśnego na wieloletnie nawożenie ściekami przemysłu ziemniaczanego

Response of forest ecosystem to multi-annual fertilisation
with potato industry sewage

Wstęp

Las, jako najwyżej stojący w hierarchii ekosystem spośród lądowych formacji roślinnych, cechuje się najtrwalszą równowagą ekologiczną. Układy leśne coraz częściej jednak ulegają zachwianiu pod wpływem czynników abiotycznych, które ostatnio kojarzą się zwykle z działalnością człowieka (antropopresją).

Przykładem antropopresji na siedliska leśne jest ich nawożenie mineralne bądź organiczne. Zagadnienia te omawiane są w licznej literaturze (1, 3, 14, 16, 18, 25, 26).

Przedstawione wyniki badań dotyczą wpływu nawożenia organicznego (ścieki przemysłu krochmalniczego) na runo leśne. Celem badań było:

- określenie stopnia synantropizacji, natężenia i kierunku przemian roślinności w badanych fitocenozach leśnych,
- oszacowanie produkcji runa w tych fitocenozach,
- ocena fitosorpcji pierwiastków biofilnych w biomacie roślinnej w warunkach nawożenia lasu ściekami krochmalniczymi.

Obiekt i metody badań

Obiektem badań była tzw. glebowo-roślinna oczyszczalnia ścieków zlokalizowana na powierzchni 216 ha lasu. Ten specyficzny sposób nawożenia i użytkowania lasu (utyliczanie ścieków do produkcji drewna) przeprowadzany jest na powierzchniach sosnowego boru

świeżego w Nadleśnictwie Iława, w zlewni rzeki Drwęcy i Iławki (Pojezierze Wschodnio-Pomorskie).

Głównymi zanieczyszczeniami dostarczanych do lasu ścieków są: wysoki wskaźnik BZT₅, zawiesiny (głównie związki organiczne, tj. węglowodany i białka) oraz duża zawartość potasu, azotu, fosforu, wapnia, magnezu, chlorków, siarczanów i innych związków mineralnych.

Dokładną charakterystykę obiektu badań, wraz z problematyką eksperymentu nawożenia w leśnej oczyszczalni ścieków przemysłu krochmalniczego, przedstawiono w innych opracowaniach (4-12).

Badania fitosocjologiczne na terenie leśnej oczyszczalni przeprowadzono w latach 1984-1998. W tym celu w badanych fitocenozach wytyczono stałe powierzchnie badawcze. W badaniach fitosocjologicznych zastosowano ogólnie w Polsce przyjętą metodę Braun-Blanqueta (2). Nazewnictwo łacińskie roślin naczyniowych podano za "Flora Europaea" (24). Nomenklaturę mchów przyjęto za Szafranem (19), a jednostki grup syntaksonomicznych za Matuszkiewiczem (15). Obserwacje zmian w koronach drzew przeprowadzono na fitosocjologicznych powierzchniach badawczych o powierzchni około 1000 m². Odnaleziono drzewa z uszkodzeniami lub utratą co najmniej 5% listowia i oszacowano zawartość uszkodzenia w procentach dla całego drzewa. Następnie uszkodzone drzewa policzono i oceniono procent uszkodzonych drzew na badanej powierzchni.

Jednocześnie z badaniami fitosocjologicznymi w roku 1988 i 1998 przeprowadzono badania nad produkcją runa metodą Traczyka (20, 21).

Fitosorpcję, czyli zawartość pierwiastków w produkcji pierwotnej runa leśnego, wyrażono iloczynem produkcji i koncentracji pierwiastka dla każdego z rozpatrywanych gatunków (22). Do opisu fitosorpcji z 1988 r. oraz do oszacowania fitosorpcji w 1998 r. wykorzystano wyniki autora z innego opracowania (12).

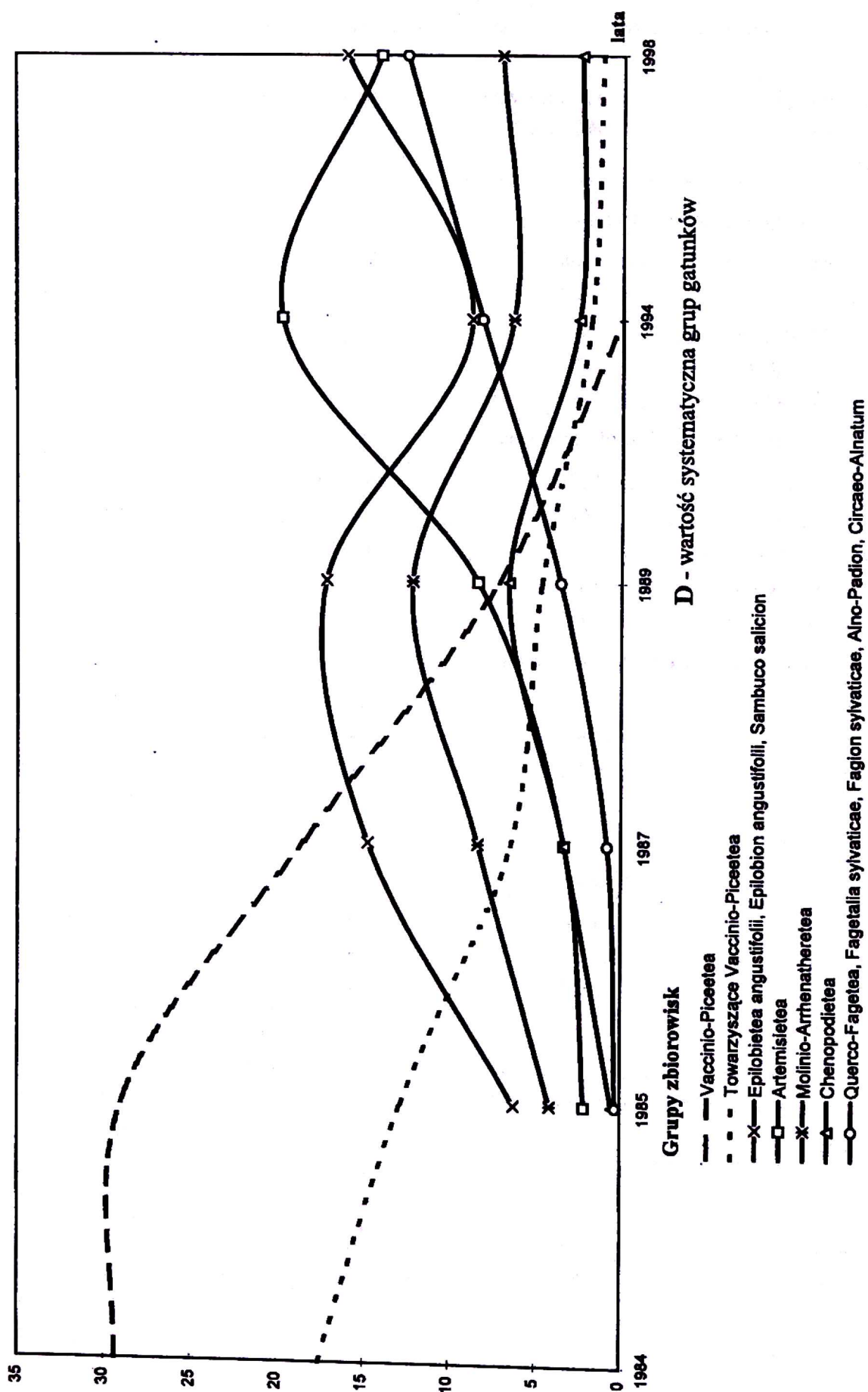
Wyniki

Przemiany roślinności w warunkach stresu wywołanego nawożeniem ściekami

Nawożona ściekami 216-hektarowa powierzchnia boru świeżego należy głównie do subkontynentalnego zespołu roślinnego *Peucedano-Pinetum* Mat. 1962 (1973). W warstwie drzew dominuje sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), ponadto na większości powierzchni leśnych występują dwa gatunki domieszkowe, tj. świerk pospolity (*Picea abies* (L.) H. Karst.) i buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.). Warstwa krzewów w fitocenozie sosnowej bez gatunków domieszkowych jest słabo rozwinięta, gdzie przed uruchomieniem oczyszczalni występował głównie jałowiec pospolity (*Juniperus communis* L.). Runo – przed nawożeniem ściekami – przybierało najczęściej postać krzewinkowo-mszystą lub trawia-sto-mszystą. Tworzyło je głównie kilka gatunków dominujących, tj. rokitnik pospolity (*Pleurozium schreberi* (Willd.) Mitten.), borówka czarna (*Vaccinium myrtillus* L.), śmieątek pogięty (*Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.), widłoząb falisty (*Dicranum undulatum* Ehrh.), pszeniec zwyczajny (*Melampyrum pratense* L.) (tab.). Łącznie stwierdzono około 60 gatunków.

TABELA
Przebieg sukcesji w warstwie runa podczas 15-letniego nawożenia lasu

Gatunki dominujące i współdominujące w warstwie runa	Współczynnik (P) pokrycia	Stadium sukcesji	Faza sukcesji
----- Fitocenoza przed nawożeniem -----			
1. <i>Pleurozium schreberi</i>	4388	"wyjściowe"	układ
2. <i>Vaccinium myrtillus</i>	4120		niezaburzony
3. <i>Deschampsia flexuosa</i>	3025		
4. <i>Dicranum undulatum</i>	2258		
5. <i>Melampyrum pratense</i>	781		
----- Fitocenoza po trzech latach nawożenia -----			
1. <i>Senecio sylvaticus</i>	3359	wstępna	dominacja
2. <i>Vaccinium myrtillus</i>	2604	dekompozycja	starca leśnego
3. <i>Pleurozium schreberi</i>	1732	układu	<i>Senecio sylvaticus</i>
4. <i>Deschampsia flexuosa</i>	1670		
5. <i>Calamagrostis arundinacea</i>	768		
----- Fitocenoza po pięciu latach nawożenia -----			
1. <i>Urtica dioica</i>	3250	optymalna	układ
2. <i>Stellaria media</i>	2855	dekompozycja	mozaikowy
3. <i>Rubus idaeus</i>	2352	układu	3 dominujących
4. <i>Senecio sylvaticus</i>	683		gatunków
5. <i>Epilobium angustifolium</i>	356		
----- Fitocenoza po dziesięciu latach nawożenia -----			
1. <i>Urtica dioica</i>	6544	terminalna	dominacja
2. <i>Stellaria media</i>	1572	dekompozycja	pokrzywy
3. <i>Rubus idaeus</i>	980	układu	zwyczajnej
4. <i>Galium aparine</i>	368		<i>Urtica dioica</i>
5. <i>Poa pratensis</i>	236		
----- Fitocenoza po piętnastu latach nawożenia -----			
1. <i>Galeopsis tetrahit</i>	3670	inicjacja	układ
2. <i>Rubus idaeus</i>	3203	(kreacja)	mozaikowy
3. <i>Impatiens parviflora</i>	2085	nowego	3 dominujących
4. <i>Urtica dioica</i>	956	układu	gatunków
5. <i>Oxalis acetosella</i>	460		



RYC. 1. Kierunki zmian roślinności w nawozonej fitocenozie leśnej

W czasie 15 lat funkcjonowania oczyszczalni wyginęło niemal 100% gatunków runa rodzimego. Jednocześnie następowała sukcesywna inwazja gatunków synantropijnych, głównie apofitów leśnych i łąkowych. Obserwowane zmiany sukcesyjne roślinności (stadia, fazy) wymuszone oddziaływaniem ścieków wykazano w tabeli. Gatunkami najbardziej inwazyjnymi w kolejnych latach nawodnień ściekami były: starzec leśny (*Senecio sylvaticus* L.) – pierwsze 3 lata, pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica* L.), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media* (L.) Vill. i malina właściwa (*Rubus idaeus* L.) – następne dwa lata, pokrzywa zwyczajna – do ponad 10-tego roku, poziewnik szorstki (*Galeopsis tetrahit* L.), malina właściwa i niecierpek drobnokwiatowy (*Impatiens parviflora* DC.) oraz rzadki, ale wyraźnie zaznaczony w fitocenozach sosnowych, dziki bez czarny (*Sambucus nigra* L.) – ostatnie trzy lata. W ostatnim roku obserwacji zanotowano ogółem niemal 70 gatunków.

Kierunek rozwoju runa w fitocenozach sosnowych, po 15 latach nawodnień ściekami, wytyczyła grupa nitrofilnych zbiorowisk krzewiasto-zaroślowych z grupy roślinności porębowej (*Epilobietea angustifolii*, *Sambuco-Salicion*) oraz roślinność z kręgu eutroficznych lasów liściastych, w tym łęgowo-olesowych (*Fagetalia sylvaticae*, *Alno-Padion*, *Alnetea glutinosae*, *Circaeo-Alnetum*) (ryc. 1).

W ramach badań florystyczno-fitosocjologicznych przeprowadzono także obserwacje koron drzew. Oszacowano, że w drzewostanach sosnowych na około 50% badanych stałych powierzchniach wystąpiły wyraźne gniazda brązowych igieł w ilości 5-25% w każdej koronie, co dotyczyło około 3-8% drzewostanu na każdej powierzchni (1-6 osobników). Podobne obserwacje w drzewostanach świerkowych wykazały, że w około 20% poletek wystąpiło uszkodzenie igliwia, zwykle wewnątrz korony, w ilości do 30% w koronie, na około 5% drzewostanu danego poletka (1-3 osobniki).

Produkcja roślinna w warunkach wzbogacania siedliska borowego w składniki pokarmowe

Na borowych powierzchniach kontrolnych produkcja całkowita runa wynosiła 1426,5 kg ha⁻¹. Największe przyrosty roczne w runie miały mchy (60%).

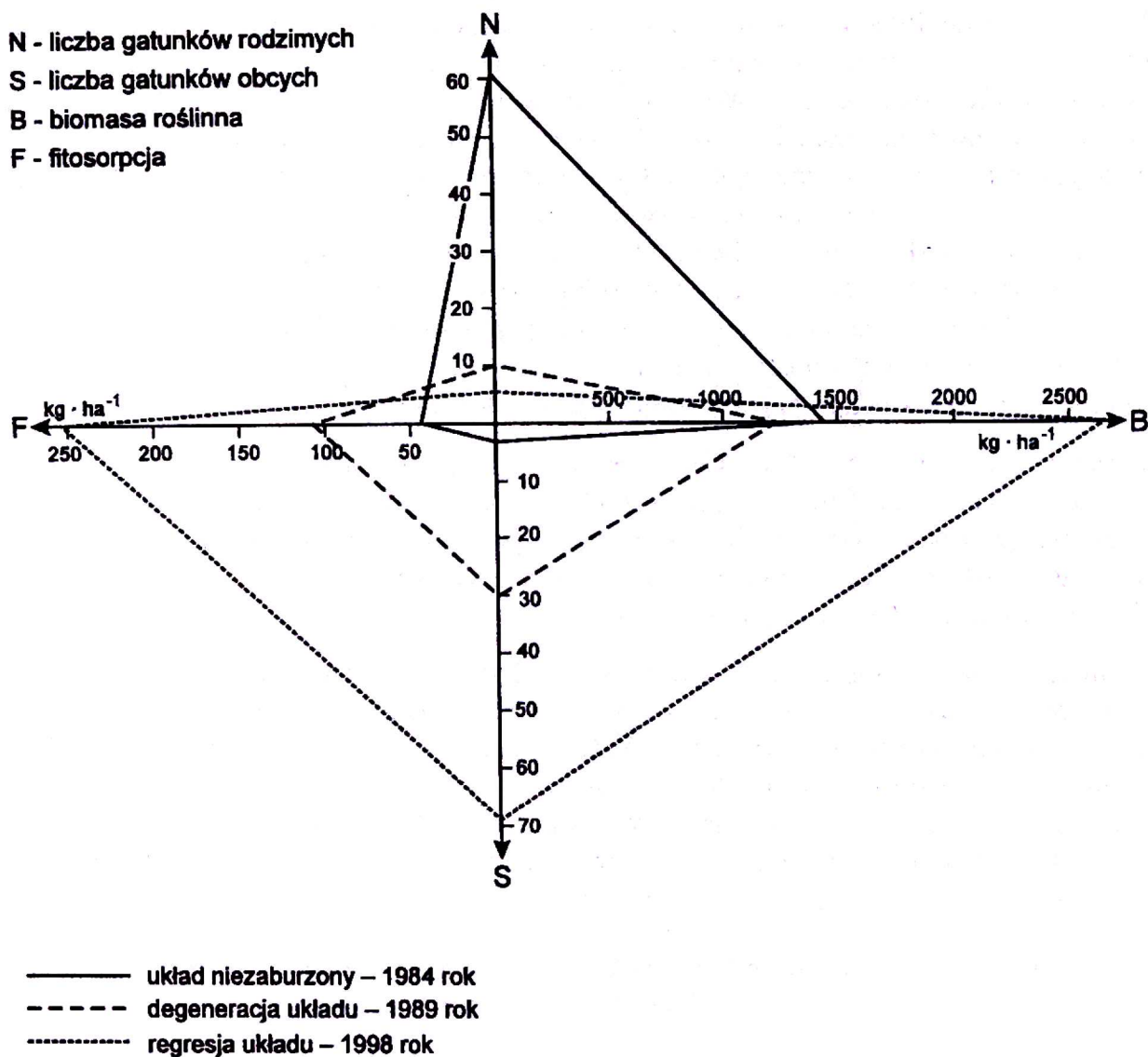
Po pięciu latach nawożenia (1989 r.) ściekami krochmalniczymi produkcja runa borowego uległa znacznemu obniżeniu, na co duży wpływ miało całkowite wyginiecie mszaków. W produkcji roślinności największy udział miały teraz nitrofilne gatunki nieleśne, tj. *Urtica dioica* (50%) oraz *Rubus idaeus* (22,7%) i *Senecio sylvaticus* (8,5%). Na runo borowe przypadało nieco ponad 10%. Całkowita produkcja runa na powierzchni nawożonej wynosiła 1299,5 kg × ha⁻¹.

Po następnych 10 latach oddziaływania ściekami (1998 r.) nastąpiło podwojenie produkcji w wytworzonym układzie roślinnym (2710, 0 kg × ha⁻¹) (ryc. 2).

Wpływ składników ściekowych na fitosorpcję biogenów przez runo w leśnej oczyszczalni

Po pięciu latach nawożenia ściekami runo borowe nie odgrywało już żadnej roli w procesie fitosorpcji pierwiastków. Funkcje te przejęły grupy roślinności siedlisk eutroficznych, tworzące zastępcze zbiorowiska nitrofilne po wymarłym runie borowym. Wybitnie nitrofilne gatunki roślin okazały się bardziej wydajne w kumulowaniu pierwiastków z nawożo-

N - liczba gatunków rodzimych
 S - liczba gatunków obcych
 B - biomasa roślinna
 F - fitosorpcja

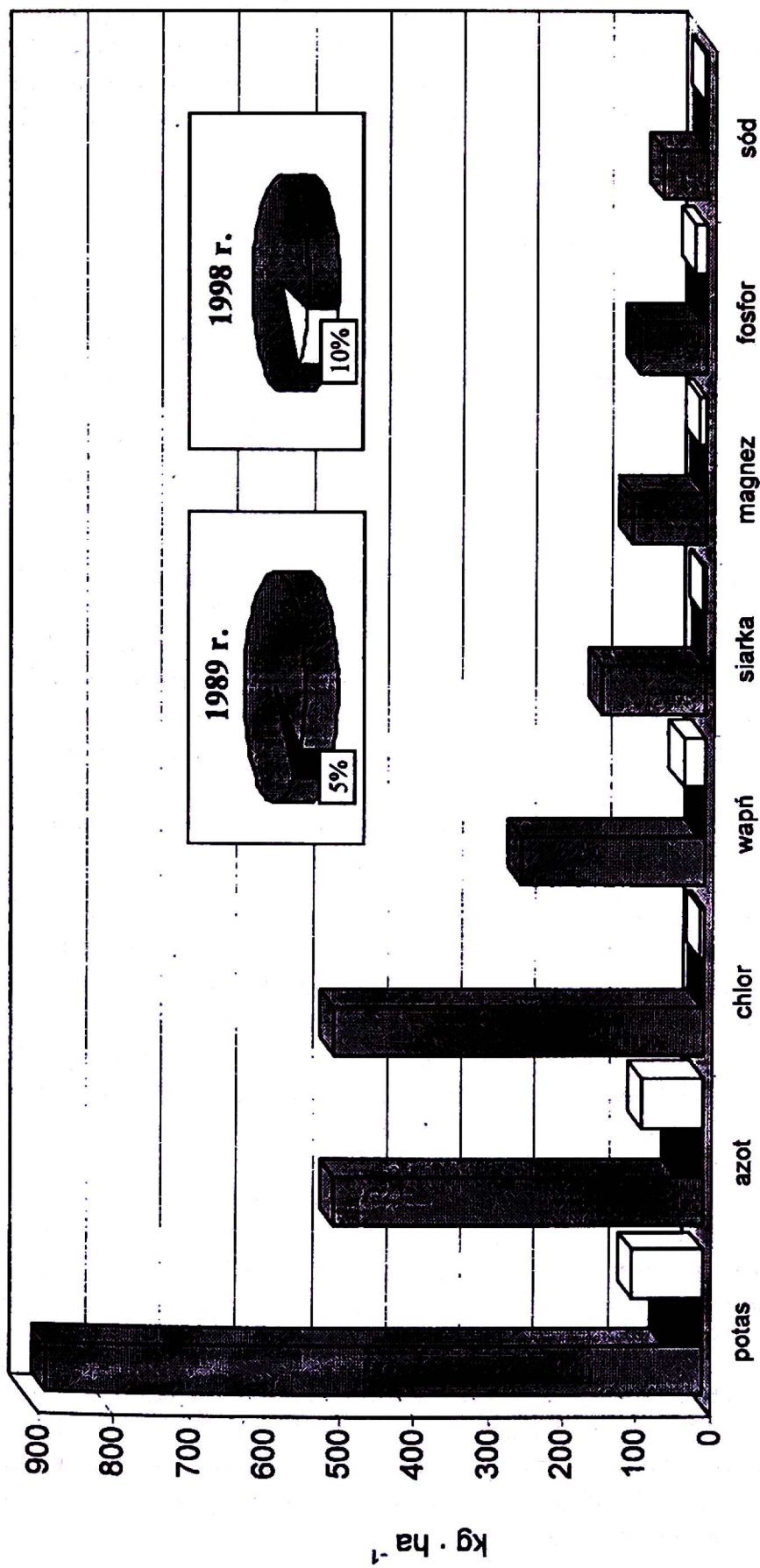


RYC. 2. Model obrazujący reakcję ekosystemu leśnego na stres wywołany nawożeniem

nego siedliska. Do gatunków tych (potasolubnych i nitrofilnych) należą: *Senecio sylvaticus*, *Urtica dioica*, *Epilobium angustifolium*, *Rubus idaeus*, *Stellaria media*, *Galeopsis tetrahit*, *Impatiens parviflora*, *Sambucus nigra* i in.

Ocenę fitosorpcji, tj. zawartości zakumulowanych pierwiastków w biomacie roślin, oparto na produkcji fitocenoz naturalnych i zastępczych oraz na koncentracji pierwiastków w populacjach poszczególnych zbiorowisk. Wartości akumulowanych pierwiastków podano w kilogramach na hektar ($\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$).

Badane runo fitocenozy borowej nienawożonej szacunkowo akumuluje $40,5 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ wszystkich analizowanych pierwiastków. Na rośliny naczyniowe przypada z tego $14,9 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$, a na mszaki aż $25,5 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$. W leśnym zbiorowisku zastępczym wykształconym pod wpływem pięcioletniego nawożenia (1989 r.) runo zaakumulowało niemal trzykrotnie więcej biogenów. Fitosorpcję w biomacie runa w 1989 r. oceniono na $116,1 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ (12). Fitosorpcja po dalszych 10 latach działalności oczyszczalni (1998 r.) wzrosła natomiast szacunkowo 2,5-krotnie (do $251,0 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$) (ryc. 2).



- ilość pierwiastków dostarczonych do ekosystemu leśnego rocznie
- ilość pierwiastków zakumulowanych w biomase roślin - 1989 r.
- ilość pierwiastków zakumulowanych w biomase roślin - 1998 r.

RYC. 3. Stopień utylizacji pierwiastków wniesionych ze ścięgami przez roślinność runa ekosystemu leśnego

Pomimo wykazanego wzrostu fitosorpcji, możliwości akumulowania biogenów zawartych w ściekach przez roślinność zastępczą, chociaż z dużymi potrzebami pokarmowymi, są zbyt małe, aby zakumulować wnoszone ze ściekami składniki pokarmowe, szczególnie potasu, chloru i azotu. Porównanie ładunku biogenów wnoszonych do ekosystemu leśnego z możliwościami fitosorpcyjnymi wykształconego runa pozwala szacować na około 10-25% wydajność leśnej oczyszczalni (ryc. 3).

Dyskusja

Nawożenie ekosystemu leśnego, a więc dostarczenie dodatkowej puli biogenów, zachwiało w miarę zrównoważony i zintegrowany dotąd układ. Zachwianiu uległy strukturalne jak i funkcjonalne, nierozzerwalnie ze sobą złączone elementy ekosystemu. Zachodziły procesy sukcesyjne ukierunkowane ku zbiorowiskom o coraz wyższych wymaganiach pokarmowych, zwiększała się produktywność runa, zmienił się sposób gospodarowania materia (ryc. 2). Są to typowe, często interpretowane przez ekologów zjawiska zachodzące w ekosystemach antropogenicznych (13,17).

Początkowo skutki eksperymentu nawożeniowego, któremu została poddana fitocenoza borowa, wskazywały na załamanie się homeostazy badanych układów. Szybko jednak nastąpiło zjawisko kompensacji ekologicznej (23). Funkcje zniszczonych ogniw struktury fitocenoz przejęły inne. Mchy zastąpiły niskie gatunki synantropijne (np. *Stellaria media*), a borowy kompleks krzewinkowo-trawiasty – wysokie gatunki synantropijne (np. *Urtica dioica*, *Rubus idaeus*). Ukształtowana w ten sposób nowa struktura runa leśnego posiada jednak pozornie trwałe układy homeostatyczny. Mechanizmy samosterujące (samoregulujące) tak przekształconego ekosystemu leśnego stają się coraz słabsze, nacechowane wyraźnie zachodzącymi procesami degeneracji i regresji układu (ryc. 2).

Kilkuletnie funkcjonowanie tzw. glebowo-roślinnej oczyszczalni ścieków wytworzyło roślinny filtr zbudowany z gatunków z dużymi wymaganiami pokarmowymi. Są to wykształcone przez kilkuletnie nawożenie grupy gatunków zbiorowisk nitrofilnych, głównie z klas *Artemisietea*, *Epilobietea angustifolii* i *Chenopodietea*. Zachodzi jednak pytanie czy i przy jakich dawkach ścieków, ten naturalny filtr będzie mógł wydajnie funkcjonować? Z badań nad gromadzeniem biogenów przez wykształcone pod wpływem nawożenia ściekami roślinności wynika, że powinny to być dawki co najmniej dziesięciokrotnie niższe; przy uwzględnieniu takich pierwiastków jak azot, fosfor, potas, wapń i magnez. W przypadku takich pierwiastków jak chlor, sód i siarka wykazano, że ich zawartość w ściekach krochmalniczych jest około 100-krotnie zawyżona w stosunku do wymagań roślin. Ponadprogowe dla roślin zawartości tych pierwiastków w ściekach stają się głównymi ekologicznymi czynnikami ograniczającymi i głównym sprawcą eutrofizacji, a w konsekwencji utraty homeostazy w nawożonym siedlisku leśnym.

Tak niewielkie ilości pobieranych pierwiastków przez runo, chociaż wybitnie nitrofilne, podważa sens oczyszczania ścieków w siedliskach leśnych. Faktu tego nie zmieni wskaźnik pobierania nutrientów przez drzewostan sosnowy, który jest znacznie niższy od wykształconego pod wpływem nawożenia nitrofilnego runa. Pojemność sorpcyjna gleby w siedliskach borowych jest natomiast ograniczona.

Wnioski

Wieloletnie oddziaływanie ściekami przemysłu ziemniaczanego na fitocenozy borowe spowodowało wykształcenie się w warstwie zielnej i krzewiastej zbiorowisk zastępczych przypominających runo lasu łęgowego z udziałem gatunków roślin synantropijnych, porębowych, łąkowych i ruderalnych z częściowym udziałem gatunków lasów liściastych, w tym łąkowych i olesowych.

Największy udział pokrycia gatunków (niemal 90%) w nawożonych fitocenozach borowych mają: malina właściwa, niecierpek drobnokwiatowy, poziewnik szorstki; natomiast udział pokrzywy zwyczajnej - dominanta z lat ubiegłych – uległ wyraźnemu zmniejszeniu.

Ilość pobieranych składników pokarmowych przez gatunki roślin w warunkach nawożenia zależała od ich specyficznej wybiórczości i tolerancji na modyfikacje warunków siedliskowych; gatunki cechujące się małą tolerancją ekologiczną ginęły; pozostały gatunki z dużą tolerancją lub pojawiły się nowe, jako reakcja na zmianę warunków siedliskowych.

Możliwości akumulowania biogenów przez drzewostan sosnowy oraz runo zastępcze, chociaż z dużymi potrzebami pokarmowymi, są zbyt małe, aby zostały zakumulowane wnoszone ze ściekami składniki pokarmowe, szczególnie potas, azot i chlor. W tych warunkach zdolności sorpcyjne istniejącego układu glebowo-roślinnego stają się ograniczone, co sprzyjać może ucieczce pierwiastków do systemu wód gruntowych i powierzchniowych.

Konsekwencją eutrofizacji siedliska leśnego są uszkodzenia igliwia w drzewostanach sosnowych i świerkowych, dochodzące do 10% populacji.

Literatura

1. **Baule H., Fricker C.:** Nawożenie drzew leśnych. Warszawa: PWRiL 1973.
2. **Braun-Blanquet J.:** Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. Springer. Wien-New York 1964
3. **Di Casteri F. (Ed.):** Biodiversity, science and development. Towards a new partnership. CAB International, International Union of Biological Sciences 1996.
4. **Dyguś K.H.:** Kierunki sukcesji roślinności w plantacjach drzew nawożonych ściekami ziemniaczanymi. Prace IBL. 1991, Nr 707: 253-260.
5. **Dyguś K.H.:** Wpływ ścieków ziemniaczanych o różnej koncentracji na runo boru świeżego. Prace IBL. 1991, Nr 708: 261-270.
6. **Dyguś K.H.:** Las oczyszczalnią ścieków. Las Pol. 1992, Nr 2: 16-17.
7. **Dyguś K.H.:** Sukcesja roślinności zielnej w fitocenozach borowych i uprawach plantacyjnych nawożonych ściekami ziemniaczanymi. (W:) Gospodarka wodna w lasach. Mat. na sem. nauk. Warszawa, IX 1992. Prace IBL, B, Nr spec.: 69-90.

8. **Dyguś K.H.:** Roślinność runa wskaźnikiem stanu siedliska borowego nawożonego ściekami przemysłu krochmalniczego. (W:) Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. III Krajowe Sympozjum, Poznań-Kórnik V 1994: 125-131.
9. **Dyguś K.H.:** Wpływ dziesięcioletniego nawożenia ściekami ziemniaczanymi na runo w drzewostanach sosnowych i plantacjach drzew. Sylwan. 1995, Nr 10: 23-33.
10. **Dyguś K.H.:** Fertilization as degeneration and synanthropization factor of the ground flora in the pinewood phytocoenoses (*Peucedano-Pinetum* Mat. 1962, 1973). Bull. Pol. Ac. Biol. Sc. 1996, Nr 44, 1-2: 127-135.
11. **Dyguś K.H.:** Impact of starch sewage fertilization on phytocenoses of a fresh pine forest and a clearing. I. Vegetational changes as an effect of sewage fertilization. Ekol. Pol. 1997, Nr 45, 2: 531-553.
12. **Dyguś K.H.:** Impact of starch sewage fertilization on phytocenoses of a fresh pine forest and a clearing. II. Matter of nutrient economy under conditions of sewage fertilization. Ekol. Pol. 1997, Nr 45, 2: 555-574.
13. Jordan III W.R., Gilpin M.E., Aber J.D. (Eds): Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney 1996.
14. **Kaumisto S.:** Effect of potassium fertilization on the growth and nutrition of Scots pine. Suo.1992, Nr 43: 4562.
15. **Matuszkiewicz W.:** Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa: PWN 1984.
16. **Moilanen M.:** Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjos-Pohjanmaan ja Kainuun soilla (Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu). Folia For. 1993, Nr 820: 137.
17. **Odum E.P.** 1982 Podstawy ekologii [Fundamentals of ecology] PWRiL, Warszawa, 660 pp.
18. **Sundström E.:** Growth response of black spruce five years after drainage and fertilization in the Clay Belt of northern Ontario, Canada Proc. 9th Int. Peat Congr., Int. Peat Soc., Swed Nat. Comm., Uppsala 1992, Nr 2: 434444.
19. **Szafran B.:** Mchy (*Musci*). Flora Polska, T. I i II. PWN. Warszawa 1957, 1961.
20. **Traczyk T.:** Propozycja nowego sposobu oceny produkcji runa. Ekol. pol. B, 1967, Nr 13, 3: 241247.
21. **Traczyk T.:** Studies on herb layer production estimate and the size of plant fall. Ekol. pol. A, 1967, Nr 15, 47: 837867.
22. **Traczyk T. (ed.):** Structural features production and phytosorption of the herb layer in the chosen plant communities of the Masurian Landscape Park. Pol. ecol. Stud. 1995, Nr 21, 2: 91256.

23. **Trojan P.:** Ecosystem homeostasis. Dr W. Junk Publishers, The Hague (Boston) Lancaster, Warszawa: PWN, Polish Scientific Publishers 1984.
24. Tutin T.G. (Ed.): Flora Europaea, T. 1-5. Cambridge University Press 1964-1980.
25. **Vasander H., Kuusipalo J., Lindholm T.:** Vegetation changes after drainage and fertilization in pine mires. Suo 1993, Nr 44: 19.
26. **Wells E.D.:** Effects of refertilization of an 18-year-old Japanese larch (*Larix leptolepis*) peatland in western Newfoundland, Canada, [In:] Jeglum J.K., Overend R.P. (eds). Peat and peatlands diversification and innovation. Can. Soc. Peat Peatlands 1991, Nr 1:129138.

Z Zakładu Ekologii Roślin
Instytutu Ekologii PAN w Dziekanowie

Summary

Response of forest ecosystem to multi-annual fertilisation with potato industry sewage

The so-called soil-plant (forest) facility for cleaning sewage of starch industry, located on the area of fresh-soil coniferous forest site (*Peucedano-Pinetum* Mat. 1962, 1979) was the object of the study. Scots pine and two admixture species: Norway spruce and common beech dominated the stand.

During a 15-year time of influence of potato industry sewage on forest ecosystem almost 100% of native species became extinct. At the same time substitute associations developed in the ground cover and tree storeys, being similar to the ground cover in elm-ash forest with participation of synanthropic, clearings, meadow, and ruderal plant species, with a partial share of lowland deciduous forest species (Fig. 1). In the successive years of fertilisation with sewage the group of most invasive species contained: *Senecio sylvaticus* L., *Urtica dioica* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis tetrahit* L., *Impatiens parviflora* DC., *Sambucus nigra* L., and others (Tab. 1).

The vegetative production increased in conditions of considerable enrichment of the coniferous forest site with food components. The production of forest ground cover was $1426 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ on control plots, while on areas treated with sewage during 15 years it was almost doubled ($2710 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$) (Fig. 2).

The content of all nutrients analysed in control biomass of the forest phytocenosis was $40 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$. The overall content of nutrients in a substitute forest association formed under the impact of five-year fertilisation with sewage amounted to $116 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$, i.e. almost three times more. After 15 years of fertilisation the vegetation accumulated $251 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ of nutrients (Fig. 2).

A very low efficiency of sewage cleaning from nutrient components was shown on the basis of research results on accumulation of nutrients by vegetation.