

PRZEMIANY BIOCHEMICZNE W TORFACH AKTYWIZOWANYCH

(z Katedry Torfoznawstwa SGGW)

FRANCISZEK MACIAK

WSTĘP

Wobec dużego zapotrzebowania rolnictwa na nawozy organiczne, zarówno w Polsce jak i innych krajach zaczęto od szeregu lat przeprowadzać badania nad wartością nawozową torfów. Okazało się jednak, że mimo znacznej zawartości składników odżywczych znajdujących się w torfie, jego działanie nawozowe w wielu wypadkach jest niewielkie. Torf stosowany do gleby zachowywał się biernie, a nawet często w pierwszym roku powodował obniżkę plonów.

Nikłe lub wprost ujemne działanie masy torfowej w pewnym sensie można tłumaczyć jego specyficznymi właściwościami. Mianowicie: torf powstał jako rezultat fizykochemicznych i biologicznych procesów z różnej roślinności torfotwórczej w specyficznych aneorobowych lub półaneorobowych warunkach. W związku z tym zawierać będzie wiele substancji powstałych w procesie rozkładu masy organicznej, nieszkodliwych, a także szkodliwych, toksycznych, materiałów trudnorozkładanych przez drobnoustroje jak bituminy, woski, lignina, celuloza oraz substancje niezupełnie utlenione.

Zawartość poszczególnych składników w pewnej mierze decyduje o większej czy mniejszej odporności na rozkład masy organicznej torfu jako nawozu. Stwierdzono jednak, że charakter nawozowy torfu można zmienić przez jego aktywizację. W literaturze spotykamy wiele różnych metod aktywizowania substancji torfowej, a tym samym polepszenia jego wartości pokarmowej. Między innymi dobre rezultaty otrzymał prof. Maksimow i współpracownicy (7, 8, 9, 10) przez aktywizowanie torfu gazowym i płynnym amoniakiem. Aktywizować torf można również przez kompostowanie go z łubinem, fekaliami, obornikiem. Ten ostatni sposób szczególnie stosowany jest za granicą. W Katedrze Torfoznaw-

stwa (11) otrzymano dobre wyniki nawozowe kompostów torfowych z obornikiem, fekaliami i łubinem. Natomiast bezpośrednio stosowane do gleby mieszanki torfu z powyższymi komponentami wykazywały działanie niewielkie. Stwierdzono również, że długość okresu dojrzewania stosu odgrywa znaczną rolę, a mianowicie wartość nawozowa torfu zwiększa się przy dłuższym okresie kompostowania. W czasie dojrzewania stosu wiele wyników zależeć będzie z sobą, odgrywając w całym procesie ogromną rolę. Do czynników najbardziej istotnych należy zaliczyć materiał torfowy (gatunek torfu), substancję z którą kompostujemy torf, lub traktujemy torf, temperaturę, wilgotność i pH. Od czynników powyższych zależy ilościowy i jakościowy skład mikroflory powodującej dojrzewanie kompostu torfowego.

Poznanie przemian zachodzących w czasie dojrzewania torfów w różny sposób aktywowanych, ma ogromne znaczenie praktyczne i naukowe, gdyż pozwoli znaleźć najlepszy i najkrótszy sposób przygotowania nawozu organicznego z torfu oraz poznać prawa rządzące przemianami, które tam zachodzą. Powyższymi problemami zajmowało się wielu badaczy szczególnie na pierwszym miejscu stawiano zagadnienie przemian związków azotowych w torfach aktywowanych.

Przemiany azotowe w torfach amoniakowanych badali Devis (2), Maksimow (6). Próbowano również uaktywnić procesy rozkładu związków azotowych przez dodanie różnych mikroelementów (11). W kompostach torfowych procesy biologiczne badali Czekalow (2), Dianowa (4), która stwierdziła między innymi, że w kompostach torfowo-obornikowych ilość i skład mikroorganizmów zmienia się w zależności od dojrzewania stosu.

Mikrobiologiczne procesy inaczej przebiegają w okresie zimowym i letnim, a nagromadzenie znacznej ilości łatwo rozpuszczalnych związków azotowych łączy się z dużą zawartością w kompostach bakterii amonifikacyjnych, nitryfikacyjnych, aeorobowych bakterii celulozowych i aktynomycetów.

BADANIA WŁASNE

Celem badań autora było znalezienie metod aktywizacji masy torfowej i zbadanie niektórych przemian biochemicznych zachodzących w czasie kompostowania.

Posłużyły do tego dwa doświadczenia przeprowadzone:

I. w warunkach laboratoryjnych,

II. w warunkach polowych.

I. DOŚWIADCZENIE

Do badań użyto torfu niskiego, turzycowo-mszystego, o średniej popielności 6,78% i średnim stopniu rozkładu 36%. Skład botaniczny torfu oznaczony metodą mikroskopową przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Skład botaniczny torfu		
<i>Carex lasiocarpa</i>	}	22%
„ <i>limosa</i>		
„ <i>vesicaria</i>		
<i>Bryales</i>		54%
<i>Menyanthes trifoliata</i>		9%
<i>Eriophorum vaginatum</i>		6%
<i>Phragmites communis</i>		4%
inne rośliny błotne		2%

Po dokładnym wymieszaniu, torf podzielono na kilka części i każdą część traktowano w odpowiedni sposób, według kombinacji. W ten sposób utworzone mieszanki wkładano do szklanych słoików zaopatrzonych w odpowiednie rurki dla przewietrzenia (rys. 1).

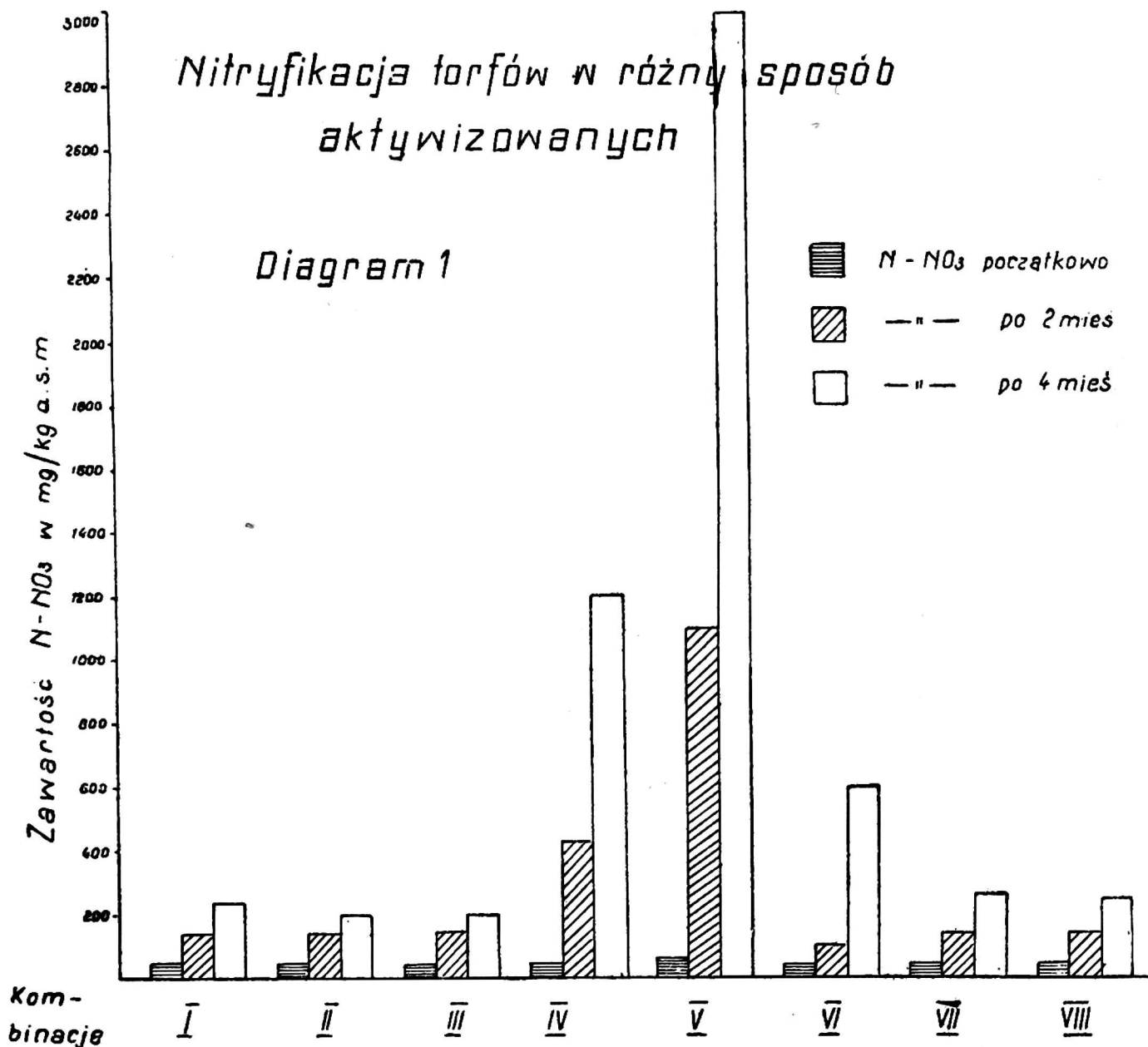
Doświadczenia wykonano w dwóch powtórzeniach. W każdym słoju znajdował się 1 kg a. s. m.

Tabela 2

Skład chemiczny torfów w % a. s. m.

Kombinacje	Popiół surowy	Popiół czysty	Nierozpuszczalna pozostałość w HCl	CaO	K ₂ O	F ₂ O ₃	P ₂ O ₅	N ₂ O
I. torf surowy	6,78	6,70	0,58	4,28	0,05	1,12	0,17	0,23
II. torf + K ₂ O (1 g K ₂ O kg a. s. m.)	6,78	6,20	0,58	4,28	0,17	1,12	0,17	0,23
III. torf + mikroel. (1950 mg Mn, 150 mg Cu) 5 mg B/kg a. s. m.	6,78	5,20	0,58	4,28	0,05	1,12	0,17	0,23
IV. torf + obornik 1 : 1 a. s. m.	11,32	5,34	5,98	3,11	0,83	0,24	1,02	0,38
V. torf + łubin 3 : 1 a. s. m.	5,47	4,93	0,54	3,24	0,30	0,70	0,18	0,18
VI. torf parowany (traktowany parą wodną przez 1 godz.)	6,78	6,20	0,58	4,28	0,05	1,12	0,17	0,23
VII. torf + H ₂ O ₂ (100 ml 5% H ₂ O ₂ / kg a.s.m.)	6,78	6,20	0,58	4,28	0,05	1,12	0,17	0,23
VIII. torf + O ₂ (raz w tygodniu traktowano 7 l. gazowego tlenu ciśn. nor.)	6,78	6,20	0,58	4,28	0,05	1,12	0,17	0,23

W tabeli 2 podano poszczególne kombinacje torfów aktywizowanych z oznaczeniem składników znajdujących się w popiele. Traktowanie torfu mikroelementami i potasem miało na celu pobudzenie flory bakteryjnej. Podobny cel miało dodawanie tlenu i wody utlenionej (ewentualnie lepsze utlenienie niedotlenionych związków). Torf poddano działaniu pary wodnej, aby przeprowadzić hydrolizę trudno dostępnych związków azotowych. Dla uaktywnienia masy torfowej wprowadzono również kombinacje torfu ze słomą łubinową i obornikiem.



Do sporządzonego w ten sposób torfu w słojach włożono błonnik (płótno lniane) spreparowany według metody ogólnie przyjętej (6). Nakryte ciemnym papierem słoje trzymano w temp. pokojowej $\pm 18-20^{\circ}\text{C}$ uzupełniając co tydzień ubytek wody a także w kombinacji VIII (torf + O₂) co tydzień wprowadzono 7 l tlenu.

Po dwóch miesiącach materiał dokładnie wymieszano, pobrano próbki do analiz i pozostawiono na dalsze 2 miesiące. Po 4 miesiącach kompostowany torf wymieszano, część zanalizowano na poszczególne składniki, a część użyte do doświadczeń wazonowych.

Przy wykonywaniu analiz posługiwano się metodami:

N — ogólny oznaczono metodą Kjeldahla dodając przy spalaniu kwas salicylowy i tiosiarczan sodu dla redukcji $N - NO_3$.

N — NO_3 po wytrąsaniu z K_2SO_4 oznaczono kolorymetrycznie przy pomocy kwasu fenolodwusiarkowego.

N — NH_3 w tym samym roztworze kolorymetrycznie przy użyciu odczynnika Nesslera.

Kwasy próchniczne, kwasy fulwinowe i kwasy huminowe — kolorymetrycznie wg metody dr Sehilaka (14).

pH — potencjometrycznie.

Na_2O , K_2O , CaO — metodą fotopłomieniową.

Fe_2O_3 — jodometrycznie.

P_2O_5 — metodą Lorenza.

Wyniki otrzymanych analiz przedstawiają nam tabele i wykresy.

Tabela 3

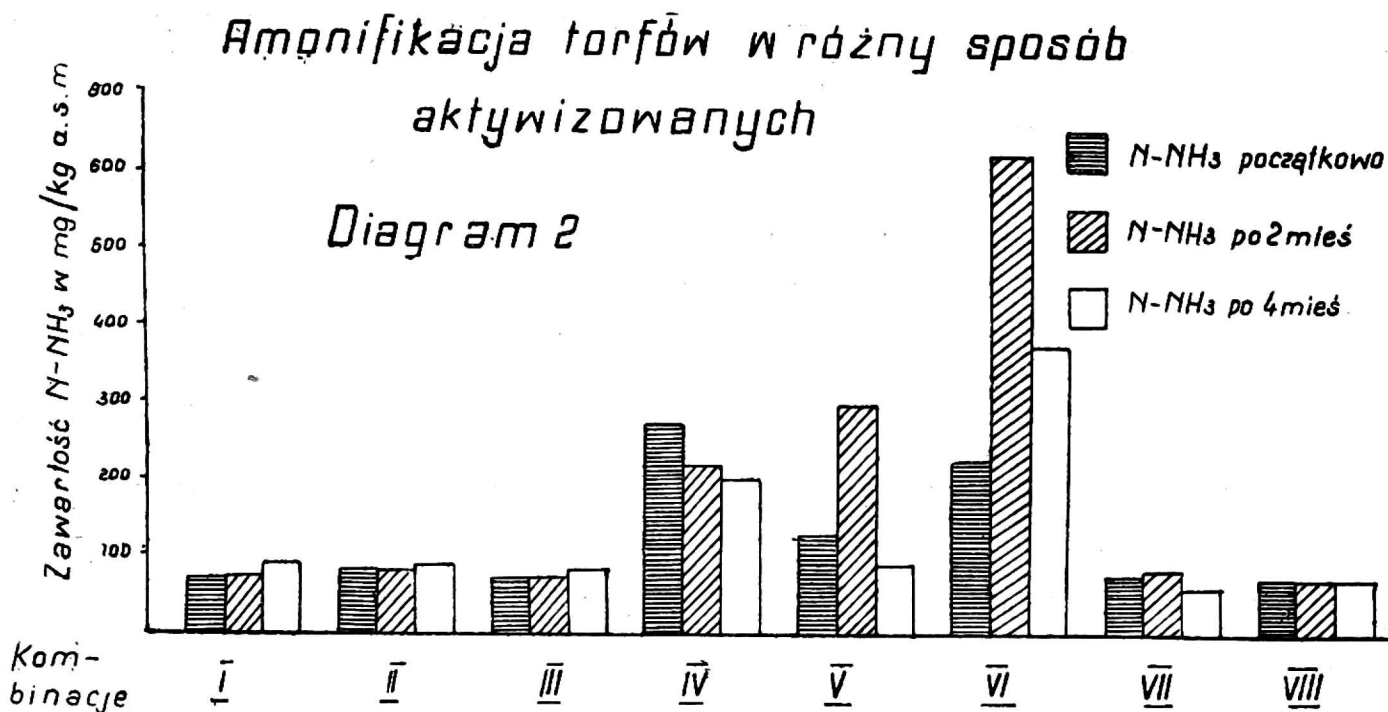
Dynamika zw. azotowych w czasie dojrzewania torfów

Kombinacje	N ogólny % a. s. m.		N-NH ₃ w mg/kg a. s. m.			N-NO ₃ w mg/kg a. s. m.		
	początk.	po 4 mies.	początk.	po 2 mies.	po 4 mies.	początk.	po 2 mies.	po 4 mies.
I.	3,51	3,45	76	77	87	59	145	239
II.	3,51	3,60	76	69	87	59	147	211
III.	3,51	3,54	76	75	84	59	167	207
IV.	2,90	3,05	272	216	205	64	438	1211
V.	2,79	3,75	132	295	88	86	1095	3024
VI.	3,51	3,34	224	618	370	59	106	610
VII.	3,51	3,41	76	74	84	59	154	263
VIII.	3,51	3,61	76	70	75	59	150	254

Zarówno tabela 3, jak również wykreślone diagramy 1 i 2 obrazują dynamikę związków azotowych w torfie w procesie kompostowania. Ilość azotu amonowego w kombinacjach I, II, III, VII i VIII właściwie utrzymuje się na jednakowym poziomie przez cały okres dojrzewania kompostu nie wykazując istotnych różnic w jego zawartościach. Inaczej natomiast przedstawia się amonifikacja w pozostałych kombinacjach IV, V i VI. W kombinacji IV (torf + obornik) na początku widać znaczną zawartość azotu w formie amonowej, która nieznacznie ulega zmniejszeniu, prawdopodobnie przechodząc w związki azotanowe.

Kombinacja V wykazuje zwiększenie amonifikacji w okresie pierwszych dwóch miesięcy, a następnie wyraźny spadek zawartości $N - NH_3$ do podobnych ilości, jakie znajdujemy w kombinacjach I, II, III, VII i VIII. Zrozumiałe to jest, gdyż w tej kombinacji występuje najintensywniejsza nitryfikacja, a więc przemiana związków amonowych do azotanowych. Wreszcie należy wymienić torf parowany w kombinacji VI.

Torf ten traktowany parą wodną już w początkowej fazie zawiera dużą ilość $N - NH_3$ w formie amonowej. Ilości tej formy azotu nie pochodzą z amonifikacji związków azotowych przez bakterie, ale najprawdopodobniej powstają drogą fizykochemiczną przez traktowanie torfu w wysokiej temperaturze parą wodną, która powoduje hydrolizę związków azotowych do form amonowych. Przy traktowaniu parą wodną torfu



także znaczne ilości NH_3 otrzymał Caro (1). W naszych doświadczeniach ilość azotu amonowego po dwóch miesiącach zwiększała się, natomiast po 4 miesiącach widać już tendencję obniżania na korzyść zwiększenia się form azotu azotanowego. Biorąc pod uwagę procesy nitryfikacyjne najintensywniej przebiegają one w kombinacji V, IV i VI, gdzie spotykamy nagromadzenie $N-NO_3$ niemal 3—14 razy większe niż w kombinacjach pozostałych.

Widać również jak gdyby niewielkie pobudzające działanie mikroelementów (kombinacja III po 2 miesiącach) oraz wody utlenionej (kombinacja VII po 4 miesiącach). Wyniki w pozostałych torfach aktywizowanych, do torfu surowego mieszczą się w granicach błędu.

Sumując razem azot formy amonowej z azotem azotanowym, po 4 miesiącach ilość dostępnego azotu w kombinacji IV z obornikiem wynosi około 1400 mg/kg a. s. m.

W kombinacji V z łubinem 3100 mg/kg a. s. m. a w torfie parowanym w kombinacji VI około 1000 mg/kg a. s. m. Czyli w torfie przez parowanie została udostępniona ilość łatwo przyswajalnego azotu nieomal równa kompostowi torfowo-obornikowemu. Czyli około 2,8% zawartości azotu ogólnego zostało udostępnione przez traktowanie parą wodną. Jest to ilość niewielka, ale znaczna w porównaniu do torfu surowego.

Z kolei gdy weźmiemy pod uwagę bilans N — ogólnego przed kompostowaniem i po kompostowaniu (tabela 3) poza kombinacjami VI, VII ilość azotu utrzymuje się mniej więcej na jednym poziomie lub posiada tendencję zwyżki, którą widać szczególnie w kombinacji IV, V i VIII, można by to tłumaczyć rozkładem masy organicznej i nagromadzeniem się azotu w formie mineralnej (azot ogólny na początku i po 4 miesiącach przeliczony był na a. s. m.).

Nieznaczny spadek azotu ogólnego szczególnie w torfie parowanym być może spowodowany został ulatnianiem azotu amonowego w formie gazowej.

W czasie kompostowania torfów we wszystkich kombinacjach stwierdzono wyraźne obniżenie się pH, obniżenie to jest tym większe im większe jest nagromadzenie N — w formie azotanowej (tabela 3 i 4). Próbowano także uchwycić szybkość rozkładu masy organicznej przez określenie zwyżki popiołu w poszczególnych okresach. Ilość popiołu zwiększa się w miarę kompostowania, osiągając w stosunku do ilości początkowej po 4 miesiącach 4,7% w kombinacji VII do ilości 27,97% w kombinacji V. Największy przyrost popiołu po 4 miesiącach stwierdzono w kombinacji IV i V oraz w kombinacji VI po 2 miesiącach kompostowania.

Jak widać z powyższego, tam gdzie występuje najintensywniejszy rozkład, obserwujemy zwyżkę azotu ogólnego i zwiększenie popielności.

Tabela 4

Kombinacje	pH			Popielność w % a. s. m.			Przyrost popielności w % do wartości początkowej	
	początkowe	po 2 mies.	po 4 mies.	początkowe	po 2 mies.	po 4 mies.	po 2 mies.	po 4 mies.
I	6,3	6,1	5,8	6,78	7,51	8,00	10,76	17,99
II	6,3	6,1	6,1	6,78	7,88	8,00	16,22	17,99
III	6,3	6,1	5,7	6,78	7,02	8,30	3,53	22,41
IV	7,2	6,8	6,0	11,32	12,37	14,10	9,27	24,55
V	7,1	5,3	4,9	5,47	6,75	7,00	23,40	27,97
VI	6,6	6,7	6,1	6,78	8,00	8,10	17,99	19,46
VII	6,3	6,1	6,1	6,78	6,80	7,10	0,29	4,70
VIII	6,3	6,1	5,7	6,78	6,85	7,36	1,03	8,55

Na początku, a także po 4 miesiącach kompostowania oznaczono zawartości różnych form kw. próchnicznych. Dane ilustrują szybkość humunifikacji masy organicznej. Kwasy próchniczne w różnych formach wykazują tendencję zwykłą po 4 miesiącach. Zwyżka ta jest największa w kombinacjach IV i V.

Tabela 5

Zawartość różnych form kwasów próchnicznych w % absolutnie suchej bezpopielnej masy

Kombinacje				Po 4 miesiącach		
	kwasy próchn.	kwasy fulwinowe	kwasy huminowe	kwasy próchniczne	kwasy fulwinowe	kwasy huminowe
I	20,81	2,08	18,72	23,91	2,02	21,89
II	20,81	2,08	18,72	24,18	2,20	21,97
III	20,81	2,08	18,72	25,13	2,54	22,59
IV	17,06	1,66	15,39	19,39	1,93	17,46
V	17,11	1,50	15,59	20,57	1,94	18,62
VI	22,73	2,30	20,39	22,57	1,74	20,82
VII	20,81	2,08	18,72	22,93	1,93	21,00
VIII	20,81	2,08	18,72	23,62	1,86	21,76

O intensywności rozkładu masy torfowej i przebiegających procesach biologicznych w torfach aktywizowanych mówi nam w pewnym sensie ilościowy ubytek umieszczonego w poszczególnych kombinacjach kompostowych błonnika.

Tabela 6

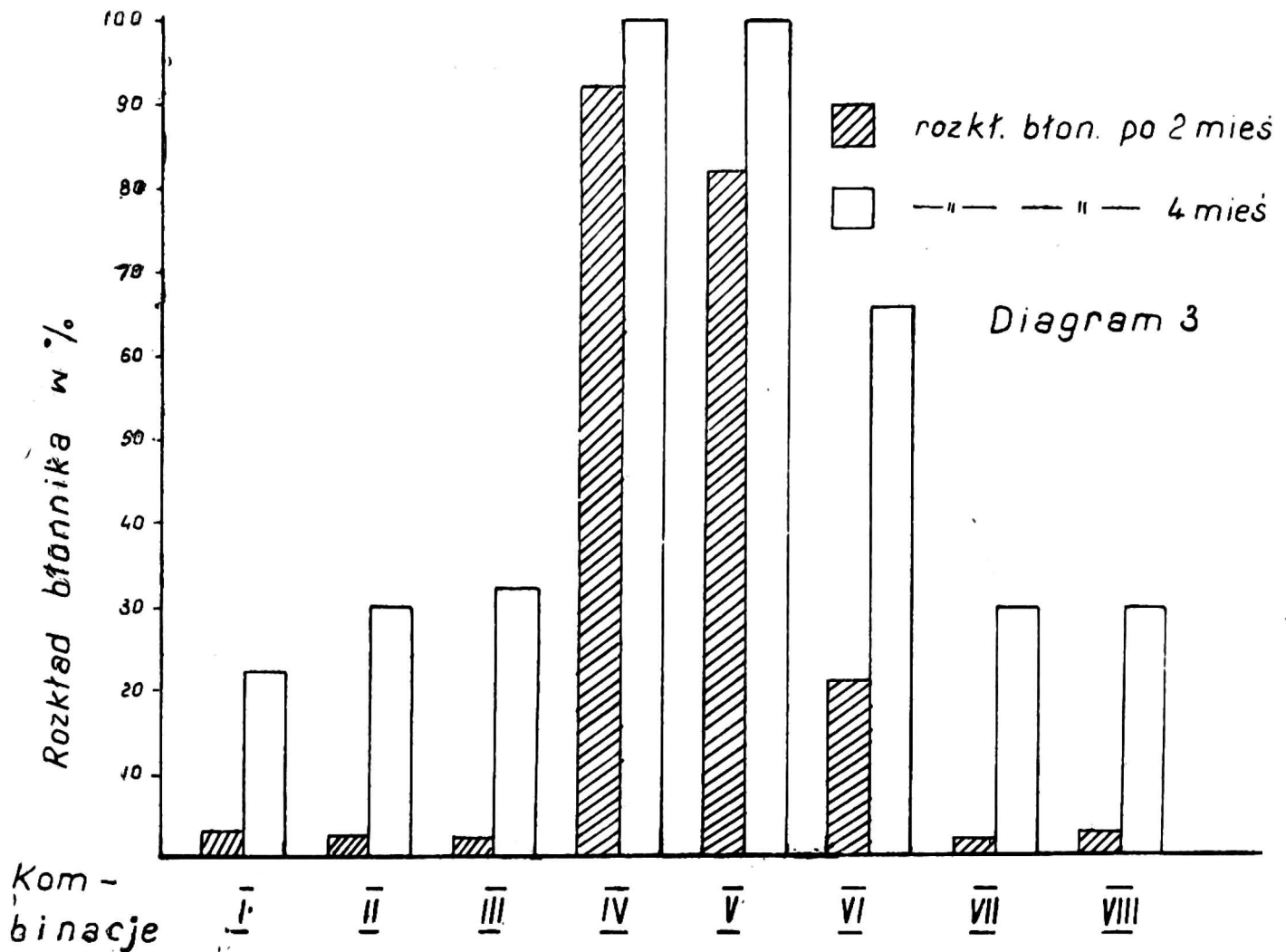
Nasilenie rozkładu błonnika w %

Kombinacje	Waga błonnika w g		Waga błonnika w g		Ilość rozłożonego błonnika w %	
	początk.	po 2 mies.	początk.	po 4 mies.	po 2 mies.	po 4 mies.
I	3,966	3,848	3,940	3,056	2,90	22,50
II	4,604	4,492	4,522	3,181	2,40	29,50
III	3,768	3,610	4,157	2,844	2,10	31,90
IV	3,867	0,285	4,380	rozłożone	92,40	100,00
V	3,996	0,707	3,824	„	82,30	100,00
VI	3,840	3,026	3,857	1,314	21,30	66,10
VII	4,015	3,923	3,927	2,726	2,30	30,00
VIII	4,112	3,977	3,971	2,764	3,30	30,20

Jak z powyższych wykresów i tabeli 6 wynika, najintensywniejszy rozkład błonnika obserwujemy znów w kombinacjach IV, V i VI, gdzie już po 2 miesiącach widać znaczny ubytek wagi błonnika. Należy także nadmienić, że w kombinacjach VII i VIII, gdzie dodano wodę utlenioną i tlen, nie było białych wykwitów na torfie, występujących w innych

kombinacjach, a spotykanych niemal na wszystkich torfowiskach. Prawdopodobnie tlen spowodował utlenienie związków, które w postaci białych nalotów osadzają się na powierzchni torfu.

Nasilenie rozkładu błonnika



Doświadczenie wegetacyjne

Po 4-miesięcznym kompostowaniu w ten sposób zaktywizowany torf użyto jako nawóz organiczny do doświadczeń wegetacyjnych wazonowych.

Doświadczenie wykonano w czterech powtórzeniach, na czystym piasku o pH 6,8. Jako roślinę do doświadczeń użyto owies. We wszystkich kombinacjach zastosowano nawożenie podstawowe P_2O_5 — 0,25 g na wazon i K_2O — 0,5 g na wazon.

W kombinacji 2 dano 0,4 g N/wazon. W innych kombinacjach (3—10) zastosowano po 100 g a. s. m. kompostu na wazon.

W kombinacji 11 użyto 50 g a. s. m. obornika, w kombinacji 12 — 25 g a. s. m. słomy łubinowej (słoma łubinowa i obornik były te same, które poprzednio brano do kompostowania).

Powyższe dawki miały wyjaśnić, czy przez kompostowanie następuje uaktywnienie masy torfowej, czy też wartość nawozowa kompostu sprządza się do działania nawozowego dodanego do torfu komponenta.

Tabela 7

Doświadczenie wegetacyjne nad wartością nawozową torfów w różny sposób aktywowanych (roślina owies)

Lp.	Kombinacje nawozowe	W g/wazon	
		ziarno	słoma
1	PK	0,85	3,20
2	PK + N (mineralny 0,4 g)	4,51	11,50
3	PK + torf surowy — 100 g a. s. m.	1,28	4,76
4	PK + torf + K ₂ O — 100 g a. s. m.	1,21	4,87
5	PK + torf z mikroel. — 100 g a. s. m.	1,04	3,96
6	PK + torf z obornikiem — 100 g a. s. m.	6,23	11,92
7	PK + torf z łubinem — 100 g a. s. m.	10,26	21,45
8	PK + torf parowany — 100 g a. s. m.	2,58	8,79
9	PK + torf z H ₂ O ₂ — 100 g a. s. m.	0,66	3,44
10	PK + torf z O ₂ — 100 g a. s. m.	1,03	4,25
11	PK + obornik — 50 g a. s. m.	5,29	12,34
12	PK + łubin — 25 g a. s. m.	5,00	8,19

Mt dla ziarna = 0,67 g

Mt dla słomy = 1,26 g

Doświadczenie wegetacyjne jest potwierdzeniem intensywności przemian biochemicznych doświadczenia laboratoryjnego. Najlepszy w działaniu nawozowym okazał się kompost torfowo-łubinowy, następnie kompost torfowo-obornikowy i wreszcie torf parowany, przy czym wyższe zarówno ziarna jak i słomy mieszczą się poza granicami błędu doświadczalnego.

Z doświadczenia powyższego wynika również, że przez parowanie, dodatek łubinu lub obornika do torfu i przez przekompostowanie, następuje uaktywnienie masy organicznej torfu, dzięki czemu otrzymujemy pełnowartościowy nawóz organiczny.

Wnioski

Spośród różnych sposobów aktywizacji torfu, najlepszym okazało się kompostowanie torfu z łubinem, obornikiem oraz traktowanie torfu parą wodną.

W powyższych kombinacjach w czasie 4-miesięcznego kompostowania najintensywniej przebiegały procesy nitryfikacyjne, amonifikacyjne i rozkład błonnika.

W czasie kompostowania stwierdzono znaczną mineralizację w kombinacjach torfu z łubinem i obornikiem. W kombinacjach torfu z obornikiem i łubinem stwierdzono znaczny przybytek N — ogólnego, natomiast w torfie parowanym wystąpiły straty N — ogólnego, po 4 miesiącach kompostowania. Doświadczenia wegetacyjne potwierdziły wyniki badań laboratoryjnych.

II. DOŚWIADCZENIE (w warunkach polowych)

Również w tym samym roku (lipiec 1957) założono stopy kompostowe w Gospodarstwie Doświadczalnym SGGW Puczniew k/Łodzi (nadal jest kontynuowane).

Do założenia powyższego doświadczenia zachęciły pozytywne wyniki otrzymane w Doświadczeniu I.

Do badań użyto torfu wysokiego (mszystego — znacznie zapiaszczonego) o stopniu rozkładu 31% i popielności około 16% oraz torfu niskiego drzewno-trzciniowego o stopniu rozkładu 40% i popielności około 21%.

Torf wysoki i niski przywieziony był z pobliskiej okolicy (Aleksandrowa, Bogdańca). Charakteryzuje się on znaczną zawartością części popielnych (tabela zawartości składników chemicznych), co z punktu widzenia rolniczego jest raczej rzeczą korzystną.

Skład botaniczny powyższych torfów załączony jest w tabeli 8.

W powyższym doświadczeniu zmieniono pewne kombinacje. Zamiast kombinacji torf + K₂O i kombinacji torf + O₂ wprowadzono kombinację torf formalinowany (traktowano torf 10% formaliną w ilości 70 ml na 1 kg a. s. m. torfu). Formalinowanie miało na celu zabicie niekorzystnej flory bakteryjnej.

W tabeli 9 podano układ kombinacji i skład chemiczny torfów.

Spreparowany w ten sposób torf ułożono w stopy kompostowe, przy czym aby zachować naturalną wielkość stosu (jakie zwykle są w gospodarstwach rolnych) stopy kompostowe w poszczególnych kombinacjach ułożono w jednym rzędzie i przedzielono dyktą. Każdy stos zawierał 20 q materiału. Stosunki powietrzne wewnątrz stosu przy takim ułożeniu winny być podobne jak w normalnej kilkumetrowej przyźmie. Wewnątrz

Tabela 8
Skład botaniczny torfów

Torf wysoki:	<i>Sphagnum sp.</i>	70 %
	<i>Eriophorum vaginatum</i>	8 %
	<i>Ericaceae</i>	12 %
	<i>Scheuchzeria palustris</i>	10 %
Torf niski:	<i>Phragmites communis</i>	54 %
	<i>Alnus sp.</i>	18 %
	<i>Pinus silvestris</i>	6 %
	<i>Bryales</i>	10 %
	<i>Carex</i>	8 %
	rośliny błotne	4 %

Tabela 9

Kombinacje	pH	W % a. s. m.								
		popiół surowy	popiół czysty	nie-rozp. pozost. w HCl	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	N-ogól.
		I torf wysoki surowy	4,0	16,42	1,90	14,52	0,055	0,53	ślady	0,19
II " — formalin. (70 ml 5% formaliny (kg s. m.)	4,1	16,42	1,90	14,52	0,055	0,53	ślady	0,19	0,55	0,80
III " — + mikroelementy (150 mg Mn, 150 mg Cu, 5 mg B i 5 mg Mo (kg a. s. m.)	3,7	16,42	1,90	14,52	0,055	0,53	ślady	0,19	0,55	0,80
IV " + obornik 1 : 1 a. s. m.	6,0	25,71	5,38	20,33	1,520	0,33	0,22	0,30	1,34	1,29
V " parowany (traktowany parą wodną przez 1 godz.)	4,0	16,42	1,90	14,52	0,055	0,53	ślady	0,19	0,55	0,80
VI " + łubin 2 : 1 a. s. m.	4,6	10,34	3,51	6,83	0,506	0,40	0,01	0,21	0,72	1,01
VII " + H ₂ O ₂ (60 ml 10%) kg a. s. m.	4,0	16,42	1,90	14,52	0,055	0,53	ślady	0,19	0,55	0,80
VIII torf niski surowy	5,8	21,41	6,25	15,16	0,060	0,90	ślady	0,21	4,09	2,14
IX " formalin (70 ml 5%) formaliny (kg a. s. m.)	5,8	21,41	6,25	15,16	0,060	0,90	ślady	0,21	4,09	2,14
X " + mikroel. (150 mg Mn, 150 mg Cu, 5 mg B. 5 mg Mo (kg a. s. m.)	5,8	21,41	6,25	15,16	0,060	0,90	ślady	0,21	4,09	2,14
XI " + obornik 1 : 1 a. s. m.	7,0	25,10	10,52	14,58	1,530	0,52	0,01	0,32	3,11	1,96
XII " parowany (traktowany parą wodną przez 1 godz.)	5,8	21,41	6,25	15,16	0,060	0,90	ślady	0,21	4,09	2,14
XIII " + łubin 2 : 1 a. s. m.	6,4	15,97	6,35	9,62	0,450	0,64	0,01	0,23	2,80	1,89
XIV " + H ₂ O ₂ (60 ml 10%) kg a. s. m.	5,9	21,41	6,25	15,16	0,060	0,90	ślady	0,21	4,09	2,14

Tabela 10

Skład substancji organicznej torfu w % absolutnie suchej bezpopielnej masy

	Bitu- miczny	Zw. roz- puszcz. w H ₂ O	Kw. próchn.	Zw. hydroliz. w 5% HCl	Hemiceluloza	Celuloza	Lignina
I	12,56	3,20	27,80	17,90	7,36	3,83	34,71
II	12,50	3,20	27,82	17,60	7,31	4,11	34,70
III	12,50	3,20	27,80	17,90	7,30	3,83	34,77
IV	10,13	10,18	18,66	17,65	11,34	5,49	37,89
V	10,70	3,57	27,87	23,37	9,44	5,66	28,83
VI	10,91	5,56	18,52	17,90	8,67	4,03	43,08
VII	12,56	4,22	27,32	19,10	7,68	4,14	32,66
VIII	5,80	3,00	36,60	16,62	7,31	4,11	33,87
IX	5,80	3,01	36,05	16,60	7,35	4,05	34,04
X	5,76	3,10	36,40	16,40	7,30	4,05	34,29
XI	4,96	8,50	25,37	16,54	8,59	3,34	41,29
XII	5,63	3,78	41,63	15,97	9,60	2,93	30,06
XIII	6,31	6,81	25,51	16,27	9,23	4,18	40,92
XIV	5,80	3,00	36,00	16,60	7,30	4,05	34,55

stosów umieszczono również jak w doświadczeniu I odpowiednio spreparowany błonnik.

W doświadczeniu tym na początku oprócz składników pokarmowych oznaczono metodą *Dragunowa* (5) skład subst. organicznej w poszczególnych kombinacjach. Przy wykonywaniu pozostałych analiz posługiwano się metodami jak w doświadczeniu I.

Poznanie składu chemicznego masy organicznej torfu pozwoli na lepsze zrozumienie przemian biochemicznych, jakie w stosie zachodzą. I tak porównując torfy wysokie z niskimi widać bardzo znaczne różnice pomiędzy zawartościami kwasów próchnicznych, bitumin i celulozy. Ostateczna analiza substancji organicznej torfów aktywizowanych po zakończeniu kompostowania, które nastąpi wiosną 1958 r. być może da więcej momentów wnioskowania na temat powyższy.

Doświadczenie założono 10 lipca 1957 r. Po 2 miesiącach dojrzwania, stosy przemieszano, pobrano próbki na zawartość N — NO₃ i N — NH₃ oraz wyciągnięto część włożonego błonnika. Po 4 miesiącach ponownie wymieszano i pobrano próbki (wiosną 1958 r. po ostatecznej analizie aktywizowane torfy zostaną wykorzystane do doświadczeń polowych).

Wyniki analiz chemicznych na zawartość N — NH₃ i N — NO₃ przedstawia tabela 11.

Nieco inaczej przebiegają przemiany związków azotowych w kompostach torfowych w warunkach polowych niż w laboratoryjnych. Tempo przemian, a szczególnie nitryfikacja odbywa się dużo wolniej. Niewąt-

Tabela 11

Dynamika związków azotowych w czasie dojrzewania torfów

Kombi- nacje	N — NH ₃ w mg/kg a. s. m.			N — NO ₃ w mg/kg a. s. m.		
	początkowa	po 2 mies.	po 4 mies.	początkowa	po 2 mies.	po 4 mies.
I	156	226	69	2	12	29
II	159	254	125	2	11	22
III	160	210	119	3	10	25
IV	1883	1065	269	250	186	118
V	180	270	192	2	21	27
VI	315	814	400	76	34	40
VII	160	321	85	2	26	27
VIII	100	100	60	9	7	41
IX	100	115	58	10	23	46
X	100	155	63	9	21	34
XI	2000	444	132	200	20	87
XII	212	145	135	10	72	130
XIII	334	341	160	76	26	83
XIV	100	145	92	10	36	68

pliwie najistotniejszą rolę w tym wypadku odgrywa temperatura oraz inne stosunki tlenowe. I tak w doświadczeniu I w warunkach laboratoryjnych temp. 18—20° C utrzymywała się na jednakowym poziomie. Również stworzone tam były najlepsze warunki powietrzne, potrzebne bakteriom nitryfikacyjnym.

Doświadczenie polowe przeprowadzone było w miesiącach lipiec, sierpień, wrzesień, październik i początek listopada, stąd warunki cieplne jak i wilgotnościowe nie były najlepsze. Również mimo co 2 miesięcznego mieszania pryzm kompostowych po kilkunastu dniach prawdopodobnie dobre stosunki powietrzne ulegały pogorszeniu czemu sprzyjały w tym okresie deszcze (tabela 14). Wskutek tego mogły rozwinąć się procesy denitryfikacyjne, stąd niewielkie zawartości N-NO₃ w poszczególnych okresach badań. Między innymi Maninger (13) stwierdził, że doskonałe stosunki tlenowe w stosach kompostowych istnieją początkowo, później zaś powstają warunki beztlenowe, wytwarzają się znaczne ilości H₂S i to chroni przed denitryfikacją związków azotowych.

Należy przypuszczać, że nie zawsze stosy kompostowe są bogate w zawartość siarki, która może być reduktorem wodoru (polepszając tym samym warunki tlenowe w stosie).

Rozpatrując z kolei te ilości związków amonowych i azotanowych, które w poszczególnych okresach w stosach znaleziono, zauważyć należy, że zarówno w torfach wysokich jak i niskich ilość N-NH₃ zmniejsza się po 2 i 4 miesiącach za wyjątkiem kombinacji VI i XIII z łubinem, gdzie po 2 miesiącach obserwujemy zwyżkę N-NH₃, a następnie po 4 mie-

siącach obniżenie zawartości. Należy dodać, że kombinacje z torfem wysokim mimo dużo mniejszej zawartości N — ogólnego posiadają znacznie więcej N-NH₃ od kombinacji z torfem niskim. Być może odgrywa w tym wypadku rolę niskie pH (około 4) charakterystyczne dla torfów wysokich. Nitryfikacja w kombinacjach z torfem wysokim i niskim nie jest zbyt intensywna, ale nieco większa występuje w kombinacjach z torfem niskim, gdzie największe ilości N-NO₃ otrzymano w kombinacjach XII z torfem parowanym, XI z torfem i obornikiem i XIII torfu z łubinem. W kombinacjach z torfem wysokim największą nitryfikację obserwujemy w kombinacji IV (torf z obornikiem) i VI (torf z łubinem).

Nasilenie rozkładu błonnika

W czasie układania stosów do każdego z nich włożono odpowiednio spreparowany błonnik (płótno lniane): w kombinacjach z torfem niskim 240 g, w kombinacjach z torfem wysokim 40 g.

Tabela 12

Nasilenie rozkładu błonnika w %

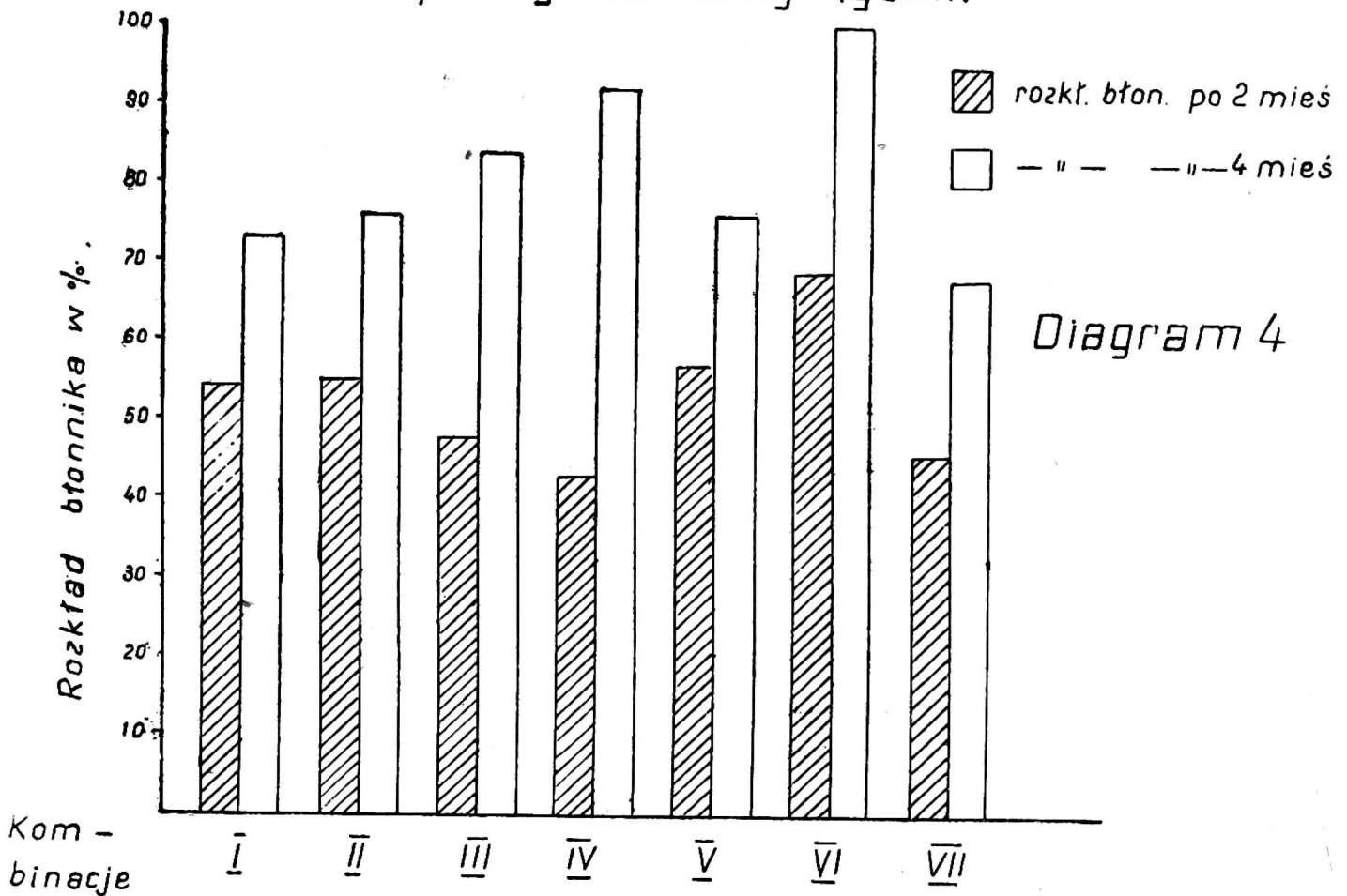
Kombinacje	Waga błonnika w g			Ilość rozłożonego błonnika w %	
	Początk.	Po 2 mies.	Po 4 mies.	Po 2 mies.	Po 4 mies.
I	40	18,25	10,70	54,40	73,50
II	40	17,90	9,30	55,30	76,50
III	40	20,50	6,50	48,80	83,80
IV	40	22,60	3,00	43,50	92,50
V	40	17,00	9,40	57,50	76,50
VI	40	12,45	rozłożony	68,90	100,00
VII	40	21,50	12,80	46,30	68,00
VIII	270	52,50	16,00	78,20	93,30
IX	270	57,10	3,20	76,20	98,70
X	270	66,20	6,60	72,50	97,30
XI	270	rozłożony	rozłożony	100,00	100,00
XII	270	rozłożony	rozłożony	100,00	100,00
XIII	270	13,30	6,11	94,50	100,00
XIV	270	15,40	6,30	93,60	97,40

Rozkład błonnika występuje b. intensywnie zarówno w torfach aktywowanych wysokich, jak i niskich, przy czym większe nasilenie rozkładu po 2 i 4 miesiącach jest w kombinacjach z torfem niskim. W kombinacjach XI i XII już po 2 miesiącach nastąpił zupełny rozkład błonnika, zaś w pozostałych kombinacjach torfu niskiego praktycznie po 4 miesiącach.

W stosach z torfem wysokim po 4 miesiącach został zakończony rozkład błonnika tylko w kombinacji VI (torf + łubin). Z powyższych

danych wynika, że torfy niskie są mniej odporne na rozkład od torfów wysokich, w których prawdopodobnie rozkład jest hamowany przez znaczne zawartości bitumin (tabela 10). W tym wypadku być może i dużą rolę odgrywa także niskie pH w torfach wysokich.

*Nasilenie rozkładu błonnika
torf aktywizowany wysoki*



Prawdopodobnie przy rozkładzie błonnika biorą udział rozmaite grupy drobnoustrojów dla których stosunki powietrzne, ciepłne i inne nie mają tak wielkiego znaczenia jak przy dynamice przemian zw. azotowych.

Tabela 13

pH torfów aktywizowanych

Kombinacje	Początk.	Po 2 mies.	Po 4 mies.	Kombinacje	Początk.	Po 2 mies.	Po 4 mies.
I	4,0	3,9	3,9	VIII	5,8	5,3	6,4
II	4,1	3,9	3,9	IX	5,8	5,9	6,2
III	3,7	3,6	3,6	X	5,8	5,7	6,3
IV	6,0	5,3	6,0	XI	7,0	7,0	7,7
V	4,0	4,0	4,2	XII	5,8	6,4	6,3
VI	4,6	4,6	4,6	XIII	6,4	6,5	7,0
VII	4,0	3,7	3,7	XIV	5,9	6,2	6,2

W torfach aktywizowanych wysokich pH utrzymuje się przez cały okres mniej więcej na jednym poziomie. Natomiast w torfach aktywizowanych niskich istnieje tendencja zmniejszania kwasowości po 2 i 4 miesiącach kompostowania.

Stosunki cieplne w stosach

W czasie kompostowania różnych materiałów organicznych w pierwszej fazie rozkładu następuje zwykle w stosach podniesienie temp. Spowodowane jest to intensywnym rozkładem substancji organicznej przez bakterie termofilne.

W naszych kombinacjach badano od 12. VII do 10. VIII temp. stosów codziennie. Od 11. VIII do 30. IX co drugi dzień, a później raz w tygodniu.

Temperaturę w stosach mierzono na głębokości 0,5 m. Temperatury stosów, temp. powietrza oraz opady zamieszczone są w tabeli (średnie z 10 dni).

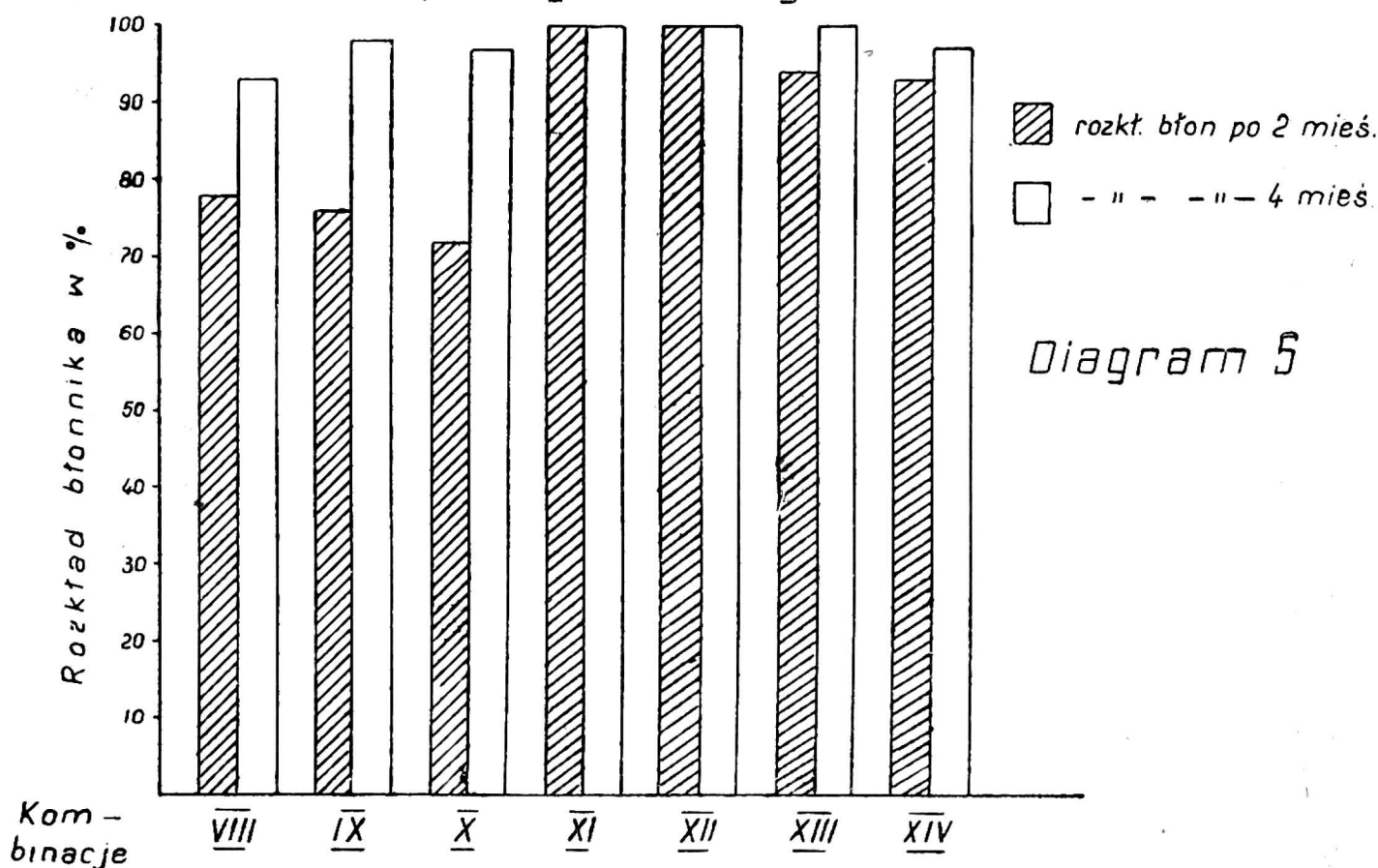
Tabela 14

Temperatura stosów kompostowych, powietrza oraz opady w mm

Kombinacje	średnie temp. stosów w °C 7—10 dni											
	12—20 VII	21—31 VII	1—10 VIII	11—20 VIII	21—31 VIII	1—10 IX	11—20 X	21—31 IX	1—10 X	11—20 X	21—31 X	1—10 XI
I	22,2	20,9	20,7	21,0	19,1	18,3	18,1	16,7	14,9	15,0	14,2	14,1
II	22,2	20,8	20,4	20,8	18,8	18,3	17,6	16,6	14,6	15,0	14,2	14,1
III	22,1	20,8	20,4	20,9	18,8	18,4	18,0	16,6	14,3	15,0	14,0	14,1
IV	29,2	23,9	23,2	23,8	20,7	19,7	21,7	19,7	16,6	17,0	15,5	15,0
V	27,1	22,0	21,4	21,7	19,6	18,6	18,0	16,5	14,6	15,0	14,0	14,4
VI	31,9	27,1	25,2	25,0	22,4	20,4	20,5	19,3	16,9	16,9	15,0	15,0
VII	23,9	21,9	21,3	22,0	19,5	19,3	18,6	17,4	15,2	15,8	14,4	14,2
VIII	21,2	20,0	19,8	20,7	18,7	18,1	17,8	16,5	14,6	15,0	14,3	15,0
IX	22,5	20,7	20,0	20,7	18,8	18,3	17,7	16,7	14,6	15,0	14,1	14,5
X	22,9	21,1	20,7	21,6	19,5	18,8	18,8	17,5	15,8	16,0	14,5	14,9
XI	31,2	25,3	24,8	24,8	21,8	21,0	22,2	22,1	17,9	18,0	16,5	16,2
XII	29,2	23,2	22,0	22,4	19,8	19,0	18,4	17,5	15,1	15,3	14,4	14,9
XIII	37,6	33,2	29,1	27,4	26,0	22,7	21,9	20,5	17,0	17,0	15,5	16,0
XIV	22,4	20,3	20,0	20,6	18,8	18,3	17,7	16,6	14,7	15,0	14,5	14,9
średn. temp. pow.	18°C	15,3°C	16,7°C	17,1°C	13,3°C	14,6°C	11,1	8,9°C	8,3°C	10,1°C	7,9°C	10,2°C
średn. opady w mm	97,1	142,8	16,5	25,3	16,1	19,0	18,6	41,1	3,5	4,3	0,8	5,2

Najwyższe temperatury w stosach kompostowych obserwujemy w pierwszych 10 dniach doświadczenia, przy czym temperatury te największe są w kombinacji z łubinem, gdzie temperatura średnia z pierwszych 10 dni (komb. VI torf wysoki + łubin) osiąga $31,9^{\circ}\text{C}$ a dla torfu niskiego z łubinem (komb. XIII) $37,3^{\circ}\text{C}$. Znaczne podwyższenie temperatury widzimy również w kombinacjach z torfem parowanym i w kombinacjach z obornikiem.

*Nasilenie rozkładu błonnika
torf aktywizowany niski*



Jak wynika z tabeli 14, wyższe temp. w kombinacjach IV, V, VI, XI, XII, XIII niż w pozostałych utrzymują się nieomal przez cały 4 miesięczny okres badań.

Należy zwrócić również uwagę na fakt, że nieco wyższą temp. od otoczenia spotykamy we wszystkich stosach kompostowych niezależnie od kombinacji. Być może w innej porze roku temp. w stosach osiągnęłyby większe wartości, a tym samym rozkład związków poszedłby w innym kierunku. W naszym wypadku w wytworzeniu się większych temperatur i utrzymaniu ich przez dłuższy okres czasu prawdopodobnie hamowały (szczególnie w początkowej fazie) liczne opady osiągając w drugiej dekadzie lipca 91,7 mm, a w trzeciej dekadzie aż 142,8 mm.

Liczne opady jak również niezbyt wysoka temperatura panująca w tym okresie wpłynęły na stworzenie stosunków anaerobowych lub pół-

anaerobowych w stosach, tym samym nastąpiło hamowanie rozwoju tlenowych bakterii termofilnych i bakterii nitryfikacyjnych. Należy dodać, że w czasie mieszania stosów, po 2 miesiącach, szczególnie w kombinacji VI stwierdzono charakterystyczny zapach kiszzonek, jaki często zauważamy przy kiszeniu liści buraczanych, tzn. rozkład nie zawsze szedł we właściwym kierunku. Czyli przy kompostowaniach na czynnik tlenowy należy zwrócić największą uwagę.

WNIOSKI OGÓLNE

Z przeprowadzonych 4-miesięcznych badań w warunkach laboratoryjnych i polowych nad niektórymi przemianami, zachodzącymi w kompostach torfowych w różny sposób aktywizowanych należy wysunąć wnioski następujące:

Spośród różnych sposobów aktywizacji torfu najlepszym okazało się kompostowanie torfu z łubinem, obornikiem oraz traktowanie torfu parą wodną. W powyższych kombinacjach najintensywniej przebiegały procesy nitryfikacyjne, amonifikacyjne oraz rozkład błonnika.

W czasie kompostowania w warunkach laboratoryjnych stwierdzono znaczną mineralizację w kombinacjach torfu z łubinem i obornikiem oraz przybytek N — ogólnego w powyższych kombinacjach. Największe straty N — ogólnego po 4 mies. kompostowania (w warunkach laboratoryjnych) otrzymano w kombinacji z torfem parowanym. W warunkach laboratoryjnego kompostowania nie stwierdzono zwyczajki temperatur w masie kompostowej natomiast w warunkach polowych, szczególnie w początkowej fazie doświadczenia otrzymano temperatury w niektórych stosach dochodzące do $37,6^{\circ}\text{C}$, przy czym najwyższe temp. zanotowano w kombinacjach torf + łubin, torf + obornik i torf parowany zarówno tam, gdzie był użyty torf wysoki i torf niski.

Niezbyt wysokie temperatury w stosach oraz słabe tempo przemian związków azotowych (w porównaniu do wyników w dośw. laboratoryjnym) w doświadczeniu polowym należy tłumaczyć przede wszystkim słabymi warunkami tlenowymi i termicznymi.

LITERATURA

1. Caro (Sposób przeróbki torfu przy jednoczesnym otrzymywaniu azotu w postaci amoniaku). St. Turczynowicz „Torf” W-wa 1922 r.
2. Czekalów K. J. — Powyszenie kaczastwa organo-mineralnych udobrenij pu-tiem kompostowania. Zemliedielie Nr 7 1955 r.
3. Devis R., Miler K., Scholl W. — Nitrification of ammoniated Peat and other Nitrogen Carriers — Journ. Amer. Soc. of Agron v 27, 729, 1935.

4. Dianowa K. I. — Mikrobiologiczne doslidzenia torfokompostiw. Pierwsze powidomlennja. Mikrobiol. Ż. t. 16 nr 4 1954 r.
5. Dragunow S. S. — Metody isledowania hummusowych wieszczestw 1951 Trudy Poczwenogo Inst. im. W. W. Dokuczajewa. A. N. S. S. S. R. T 38.
6. Kuźniar K. — Badania nad rozkładem błonnika w glebach leśnych Kraków 1948 r.
7. Maksimow A., Dłubakowski S. — Nitryfikacja azotu torfów amoniakowanych — Roczn. Nauk Rol. T. 66-A-1 1952 r.
8. Maksimow A., Grudziński Z. — Sorbcja amoniaku gazowego i jonu amonowego przez torfy. Roczn. Gleboznawcze T. 1 str. 151, 1950 r.
9. Maksimow A., Grudziński Z. — Wartość nawozowa torfów amoniakowanych. Roczn. Nauk Rol. T. 66-A-1 1952 r.
10. Maksimow A., Liwski St. — Wartość nawozowa torfów amoniakowanych w wysokich i niskich temperaturach. Roczn. Glebozn. T. 1956.
11. Maksimow A., Maciak Fr. — Wartość nawozowa niekompostowanych mieszanek i kompostów torfowych. Roczn. Nauk Roln. 1958 r. (w druku).
12. Maciak Fr. — Wpływ niektórych mikroelementów (Cu, B, Zn) na przebieg nitryfikacji w torfach surowych i amoniakowanych. Roczn. Nauk Rol. T. 71-A-3 1955 r.
13. Manninger E. — Kulonbozomodeni erjesztett istallotra gok gazanalizice Agro-ken Talajtan t. 3 Nr 1—2 1954 r.
14. Schillak R. — Chemiczna charakterystyka wapienno-żelazistych gleb torfowych „Frydrychowo” — rękopis.