

## ZMIANY ZACHODZĄCE W TORFIE W WYNIKU KOMPOSTOWANIA Z MATERIAŁAMI ORGANICZNYMI W RÓŻNYCH TEMPERATURACH

FRANCISZEK MACIAK

Katedra Torfoznawstwa SGGW

### WSTĘP

Torf surowy zawiera specyficzną grupę połączeń organicznych, które w naturalnych warunkach glebowych ulegają rozkładowi bardzo powoli. Jak wynika z badań różnych autorów (3, 4, 19) duża „odporność” torfu na działalność mikroorganizmów powodowana jest znaczną zawartością w masie torfu lignin, wosków, bitumin, garbników oraz innych substancji natury fenolowej.

Nagromadzenie się tych substancji wiąże się ze specyfiką materiału roślinnego podlegającego procesowi torfienia oraz warunków wodnych, powietrznych i cieplnych (12). Jak wykazują badania Waksmana (19), Flaiga (11) (cyt. za Kwinichidze) oraz innych autorów (4, 8) w procesie humifikacji resztek roślinnych najszybciej ulegają rozkładowi cukry proste, celuloza i hemiceluloza; stąd też torfy niskie, szczególnie silnie rozłożone, charakteryzują się niewielką zawartością powyższych związków węglowodanowych i dalszemu rozkładowi ulegają bardzo powoli (4).

W procesie torfienia resztek roślinnych występuje także znaczne wzbogacenie masy torfowej w składniki pokarmowe, szczególnie w azot. Substancje te występują w połączeniach organicznych w niewielkim stopniu przyswajalnych przez mikroorganizmy (4, 14).

Duża zawartość składników pokarmowych znajdujących się w torfie od dawna budziła zrozumiałe zainteresowanie torfem jako nawozem organicznym. Ponieważ jednak torf surowy stosowany jako nawóz w większości przypadków wykazywał bardzo słabą wartość nawozową, powstały próby uaktywnienia jego masy tj. uruchomienia zawartych w nim składników w celu łatwiejszego wykorzystania ich przez rośliny.

Spośród najbardziej znanych metod wykorzystania torfu do produkcji nawozów organicznych jest metoda kompostowania torfu z różnymi komponentami przeważnie pochodzenia organicznego.

Ostatnio oprócz tej metody pewne zainteresowanie budzi sposób uaktywnienia masy torfu przez traktowanie go parą wodną (2, 13). Kilkumiesięczne kompostowanie torfu z aktywną substancją lub kompostowanie torfu traktowanego parą, ma na celu zniszczenie antyseptycznych własności torfu, a w biologicznym procesie rozkładu, uruchomienie składników pokarmowych.

Niniejsze badania są kontynuacją doświadczeń prowadzonych w latach ubiegłych, których wyniki zostały opublikowane w pracy p.t. „Przemiany biochemiczne w torfach aktywizowanych”. Doświadczenia te prowadzone w warunkach laboratoryjnych i polowych miały na celu zbadanie wpływu aktywatorów, takich jak: tlen, woda utleniona, potas, niektóre mikroelementy, formalina, parowanie torfu, oraz dodatek do torfu obornika i łubinu — na procesy rozkładowe w torfach.

Wpływ aktywatorów na procesy rozkładowe w torfach, w poszczególnych doświadczeniach przedstawiał się następująco: w I doświadczeniu (w warunkach laboratoryjnych) w ciągu 4 miesięcy kompostowania, procesy amonifikacyjne, nitryfikacyjne, rozkład błonnika oraz ubytek masy organicznej, przebiegały intensywnie tylko w 3-ch kombinacjach kompostowych, a mianowicie: w kompoście torfowo-obornikowym, torfowo-łubinowym i torfie parowanym.

Natomiast w pozostałych kombinacjach (z dodatkiem różnych aktywatorów) procesy zachodziły w niewielkim stopniu, podobnie jak w torfie surowym.

Doświadczenia wegetacyjne (wazonowe) założone na kompostach I doświadczenia wykazały najwyższe plony owsa również we wspomnianych 3-ch kombinacjach kompostowych. Dla potwierdzenia efektu działania poszczególnych aktywatorów wykonano dalsze doświadczenia — II na torfie wysokim i III na torfie niskim, ale w warunkach polowych (w dużych pryzmach kompostowych).

Kompostowanie torfu z różnymi aktywatorami przeprowadzono w ciągu 8 miesięcy.

Z powodu niesprzyjających warunków atmosferycznych procesy rozkładowe w kombinacjach kompostowych nie przebiegały tak intensywnie jak w doświadczeniu laboratoryjnym posiadającym optymalne warunki wilgotnościowe i cieplne. Spośród zastosowanych aktywatorów w II i III doświadczeniu, najintensywniejsze procesy amonifikacyjne, nitryfikacyjne, rozkład błonnika, ubytek masy organicznej zanotowano również w kombinacjach kompostowych torf + łubin, torf + obornik i torf parowany. Inne czynniki, takie jak: formalina, mikroelementy, woda utleniona, nie miały wpływu na przyspieszenie procesów rozkładowych w torfach. Powyższe dane zostały potwierdzone wynikami doświadczeń wegetacyjnych z ziemniakami.

Na podstawie tych wyników, dążąc do ścisłego poznania istoty przemian zachodzących w procesie kompostowania, wydzielono najbardziej aktywne komposty, a mianowicie kompost torfowo-obornikowy, torfowo-łubinowy, torf parowany, a dla porównania: torf surowy, obornik i łubin oddzielnie.

Na utworzonych kombinacjach przeprowadzono badania laboratoryjne w różnych temperaturach dla ustalenia, czy i w jakim stopniu dodane komponenty wpływają na rozkład masy torfowej. Miarą oceny tych procesów w 4-miesięcznym okresie kompostowania były straty suchej masy, ilość i szybkość wydzielającego się  $\text{CO}_2$ , nagromadzenie się składników mineralnych, straty azotu oraz rozkład błonnika.

### METODYKA BADAŃ

Do doświadczeń użyto torf niski turzycowo-trzcinowy o stopniu rozkładu 45%, pochodzący z górnej warstwy złoża, rozdrobniony obornik bydlęcy oraz drobno pociętą słomę łubinową. Torf przesiany przez sito o średnicy 0,5 cm, mieszano z obornikiem w stosunku 2:1, ze słomą łubinową w stosunku 3:1, poddawano działaniu pary wodnej przez 1 godzinę oraz część torfu kompostowano w stanie surowym (naturalnym).

Kompostowanie wykonano w następujący sposób: 6 g a. s. m. torfu surowego, parowanego, torfu zmieszanego z obornikiem i torfu zmieszanego z łubinem oraz obornik i łubin, przy wilgotności 70%, umieszczano w 50 ml zlewkach. W ten sposób 18 przygotowanych próbek (zlewek) dla każdej kombinacji, umieszczono w dwóch litrowych słojach. Podwójne słoje z kompostami były inkubowane przez 16 tygodni w każdej z 3-ch temperatur: 5°C, 20°C i 35°C. W czasie kompostowania oznaczano wydzielający się  $\text{CO}_2$  oraz w odstępach 2-tygodniowych brano ze słoju 2 równoległe próbki (zlewki z masą kompostową) i oznaczano w nich  $\text{N-NO}_3$  i  $\text{N-NH}_3$  przeliczając na kg s. m. (z ilości suchej masy włożonej początkowo do zlewek).

W czasie badań korzystano z następujących metod oznaczeń chemicznych:

1. Węgiel organiczny oznaczano spalając na mokro w zmodyfikowanym przez Górskiego i Królikowskiego aparacie Knoppa (5).

2. Dwutlenek węgla wydzielający się z kompostów oznaczano metodą używaną w pracowni mikrobiologicznej Uniwersytetu w Michigan USA (1) z pewnymi drobnymi modyfikacjami.

Opis metody: do 50 ml zlewek wkłada się przygotowane w różny sposób komposty (tab. 1), następnie napełnione zlewki umieszcza się w zamykanych słojach szklanych z pewną ilością  $\text{H}_2\text{O}$  dla utrzymania wilgotności. Wydzielający się w czasie inkubacji materiałów

organicznych  $\text{CO}_2$  zostaje wychwytywany przez znajdujący się w słoju 0,5 n NaOH, który co kilka dni (1 — 4) wyjmuje się, strąca nadmiarem  $\text{BaCl}_2$  i miareczkuje wobec fenoloftaleiny 0,1 n HCl. Z różnicy zużytego HCl do miareczkowania 0,5 n NaOH znajdującego się w słojach bez kompostów i z kompostami, oblicza się ilość wydzielonego  $\text{CO}_2$  na 100 g inkubowanego materiału.

Tabela 1

Początkowy skład chemiczny kompostów

Kombinacje	pH	w % a. s. m.							
		popiół		nierozp. w HCl pozost.	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	CaO	N-ogóln.	C org.
		surowy	czysty						
1. Torf niski surowy	5,9	13,60	8,64	4,96	0,09	0,30	5,12	4,10	45,24
2. Torf niski parowany	6,0	13,60	8,60	5,00	0,09	0,30	5,14	4,10	45,23
3. Torf niski + obornik 2 : 1	7,6	17,80	9,30	8,50	1,15	0,37	4,86	3,60	42,01
4. Torf niski + łubin 3 : 1	6,2	10,12	6,56	3,56	0,48	0,23	4,73	3,50	45,90
5. Obornik	8,6	18,48	9,76	9,08	2,41	0,78	3,05	2,51	37,78
6. Łubin	6,0	5,72	5,04	0,68	1,32	0,14	1,40	1,42	46,03

3. Azot ogólny w materiale przed i po kompostowaniu (w świeżych próbkach) oznaczano metodą Kjeldahla dodając przy spalaniu kwas salicylowy i tiosiarczan sodu.

4. Azot azotanowy, po wytrząsaniu w ciągu 1 godziny próbek kompostów z 2,5%  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , w przesączu oznaczano azotany, kolorymetrycznie przy pomocy kwasu fenolodwusiarkowego.

5. Azot amonowy w tym samym przesączu — przy użyciu metody Nesslera.

6. Azot amonowy w oborniku i łubinie (przed i po kompostowaniu) oznaczano przez destylację przesączu ze słabym ługiem sodowym postępując dalej jak przy oznaczaniu azotu.

7. Azot azotanowy oznaczano po oddestylowaniu  $\text{N-NH}_3$ , przez redukcję w wyciągu  $\text{N-NO}_3$  stosując stop Dewarda.

8. Popiół surowy oznaczano przez spalanie badanych materiałów w temp.  $550^\circ\text{C}$ , następnie w wyciągu 10% HCl, z popiołu po odsączeniu nierozpuszczalnych pozostałości oznaczano:

$\text{P}_2\text{O}_5$  metodą Lorenza,

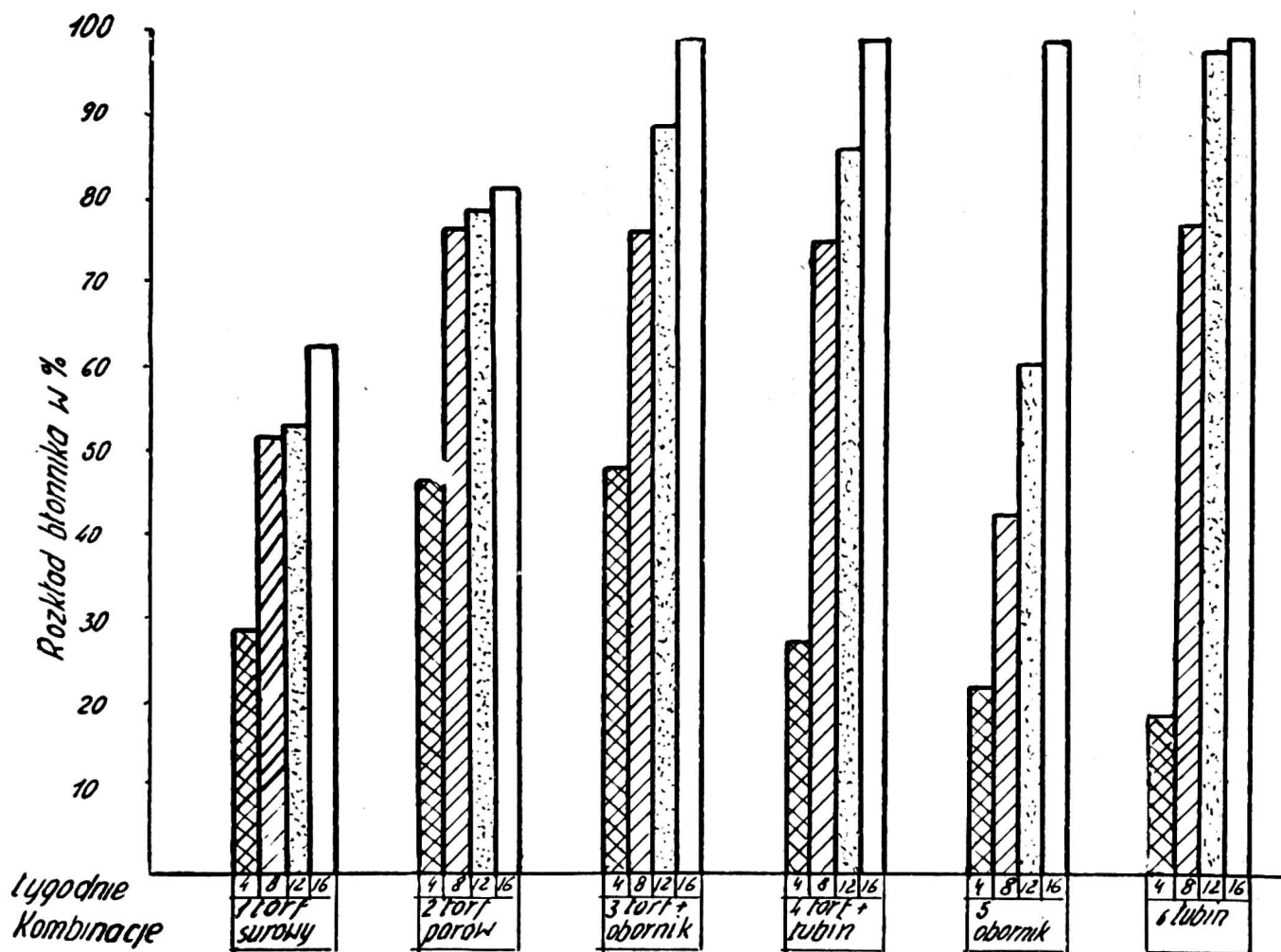
$\text{K}_2\text{O}$  metodą fotopłomieniową Schuknechta,

CaO metodą fotopłomieniową z użyciem, do strącenia przeszkadzających składników, urotropiny i nasyconego roztworu chloru ołowiu (9),

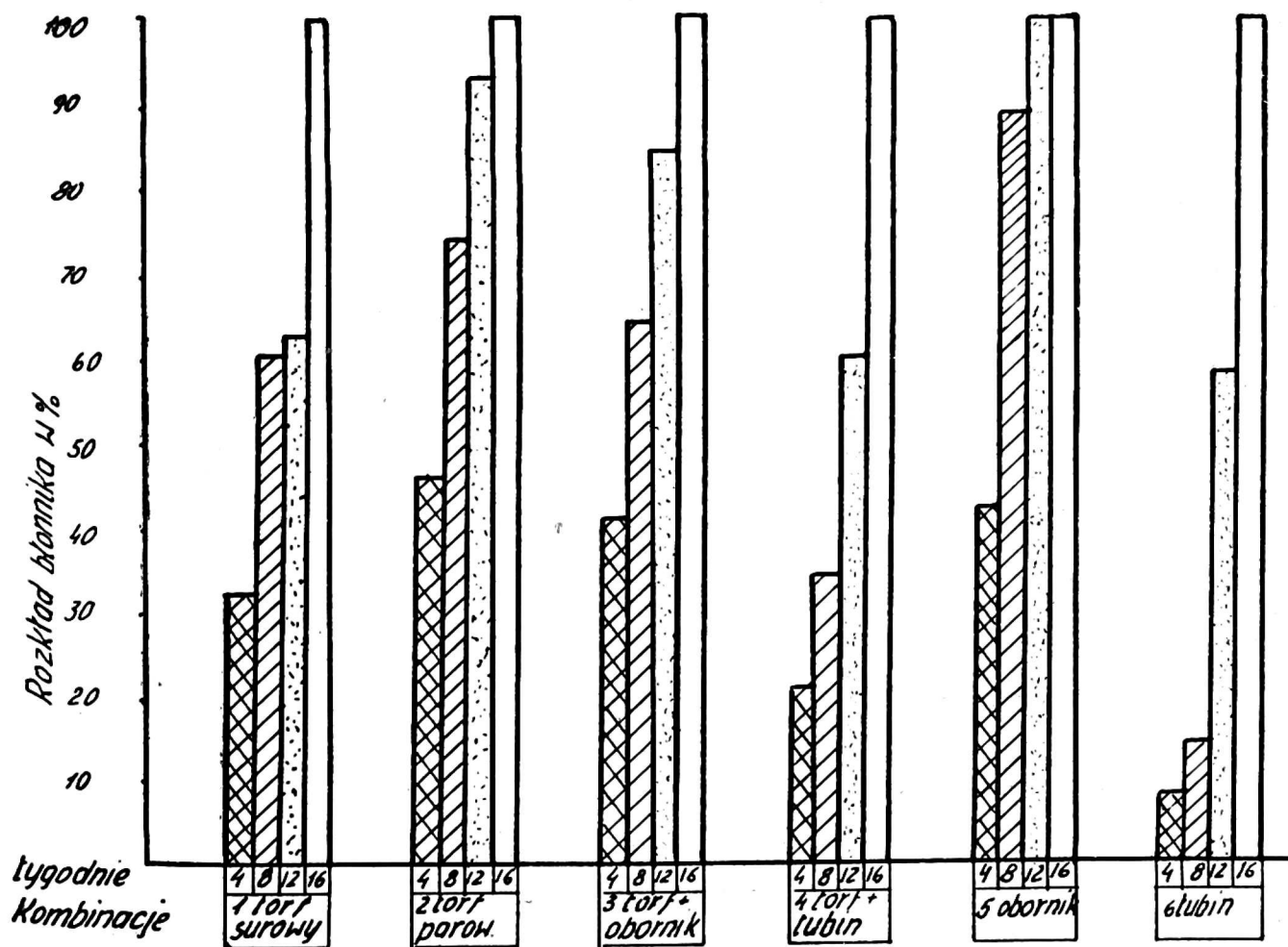
pH metodą potencjometryczną używając elektrody szklanej.



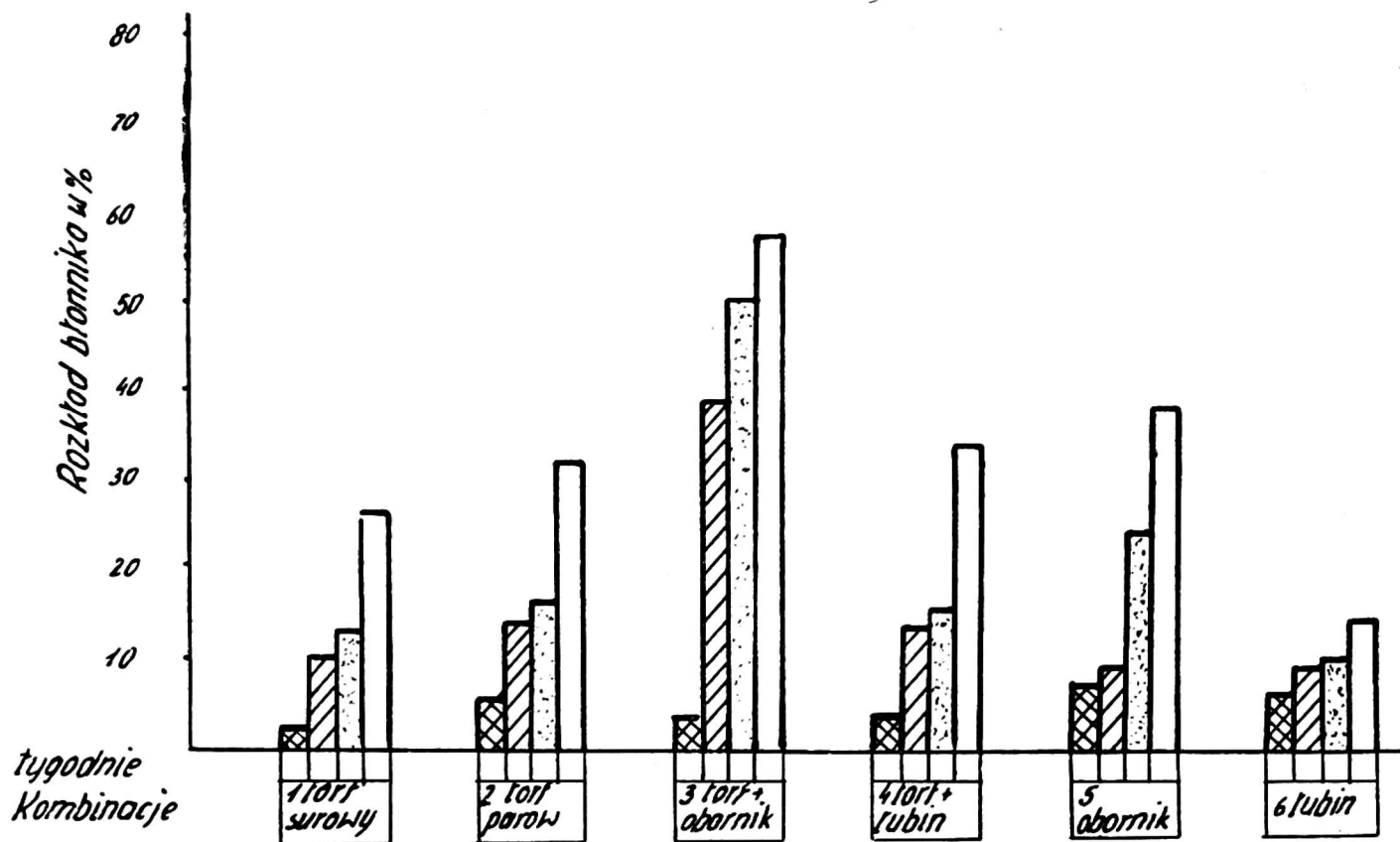
Rozkład błonnika w czasie inkubacji w różnych temperaturach



Rys. 1. Torf niski (warunki laboratoryjne) — temperatura 35 °C



Rys. 2. Torf niski (warunki laboratoryjne) — temperatura 20 °C



Rys. 3. Torf niski (warunki laboratoryjne) — temperatura 5 °C

9. Błonnik (płótno lniane) przygotowano wg ogólnej metody (10). Początkowy skład chemiczny poszczególnych kombinacji kompostowych zamieszczono w tabeli 1, a zmiany zachodzące w kompostach w ciągu 4 miesięcy kompostowania, przedstawiono w tabelach 2, 3, 4 i 5 oraz na wykresach 1 — 24 i rysunkach 1, 2, 3.

### WYNIKI BADAŃ

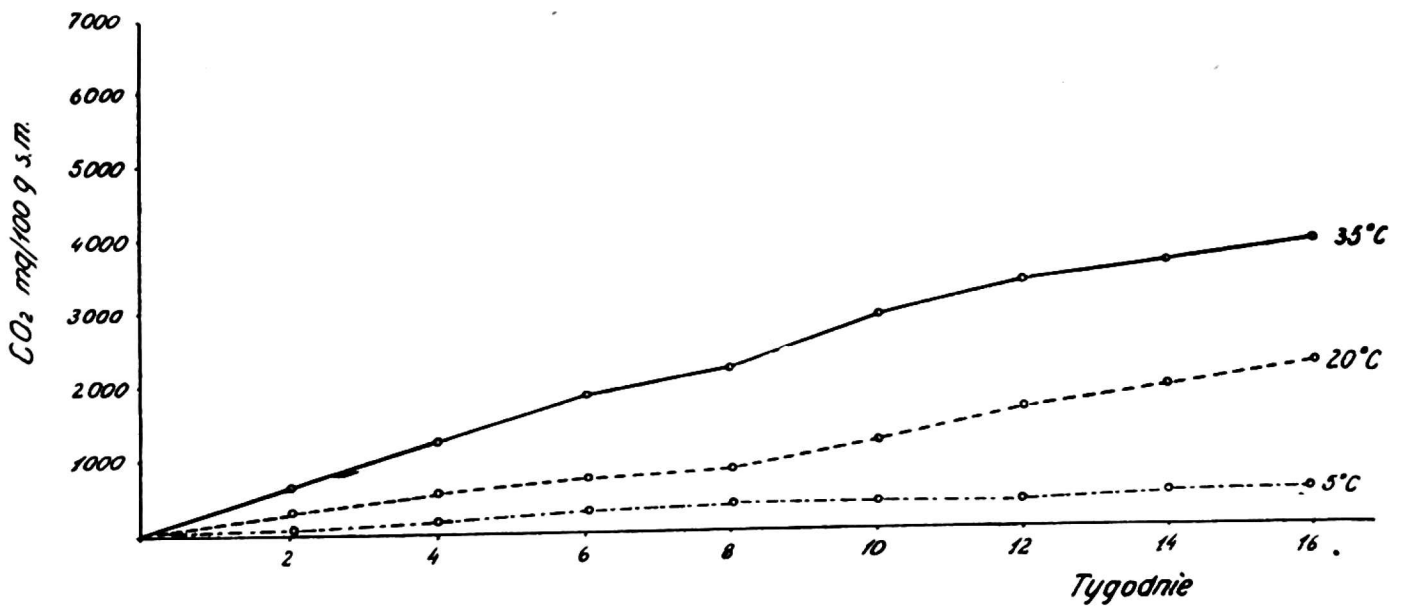
W 4-miesięcznym okresie kompostowania zmiany w masie kompostowej poszczególnych kombinacji przebiegają różnie. Najważniejszym czynnikiem wpływającym na szybkość przemian biochemicznych jest temperatura. Zastosowanie temperatur 5°, 20°C miało stworzyć warunki zbliżone do warunków naturalnych przy kompostowaniu, a temperatura 35°C miała dopomóc w znalezieniu optimum dla rozkładu masy organicznej.

Pod wpływem działalności życiowej mikroorganizmów, w masie kompostowanej zaobserwowano szereg zmian w związkach azotowych, a przede wszystkim w węglowych.

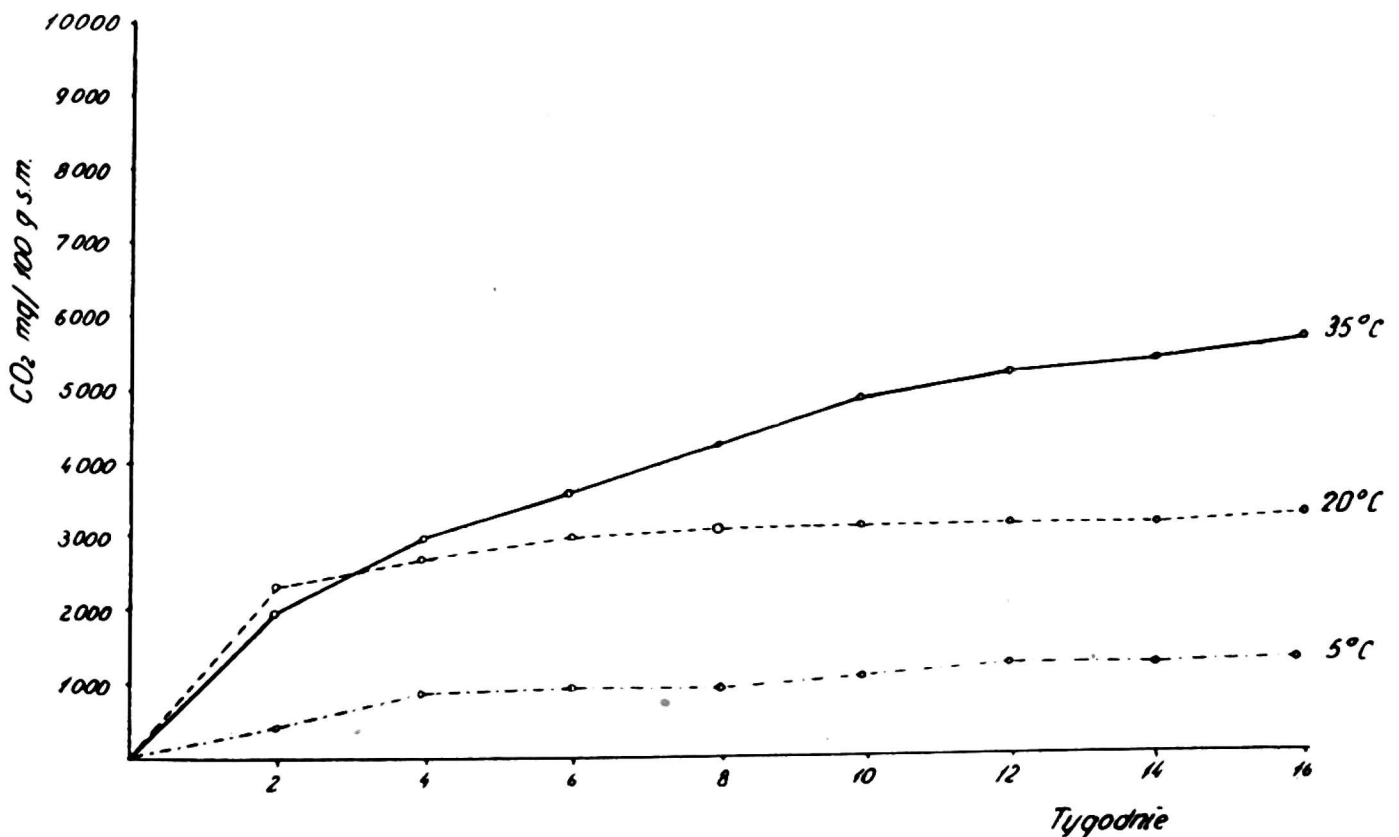
W prowadzonych badaniach, mając wyjściową zawartość „C” organicznego w poszczególnych kombinacjach można było kontrolować przebieg procesów rozkładowych. Miarą intensywności rozkładu masy organicznej kompostów była ilość wydzielającego się CO<sub>2</sub>.

Jak wynika z wykresów 1 — 6, ilość wydzielonego CO<sub>2</sub> zależy od temperatury oraz rodzaju kombinacji kompostowych. Największe nagromadzenie się CO<sub>2</sub> zaobserwowano w temperaturze 35°C, nieco

Nagromadzenie się  $\text{CO}_2$  w czasie inkubacji kompostów w różnych temperaturach



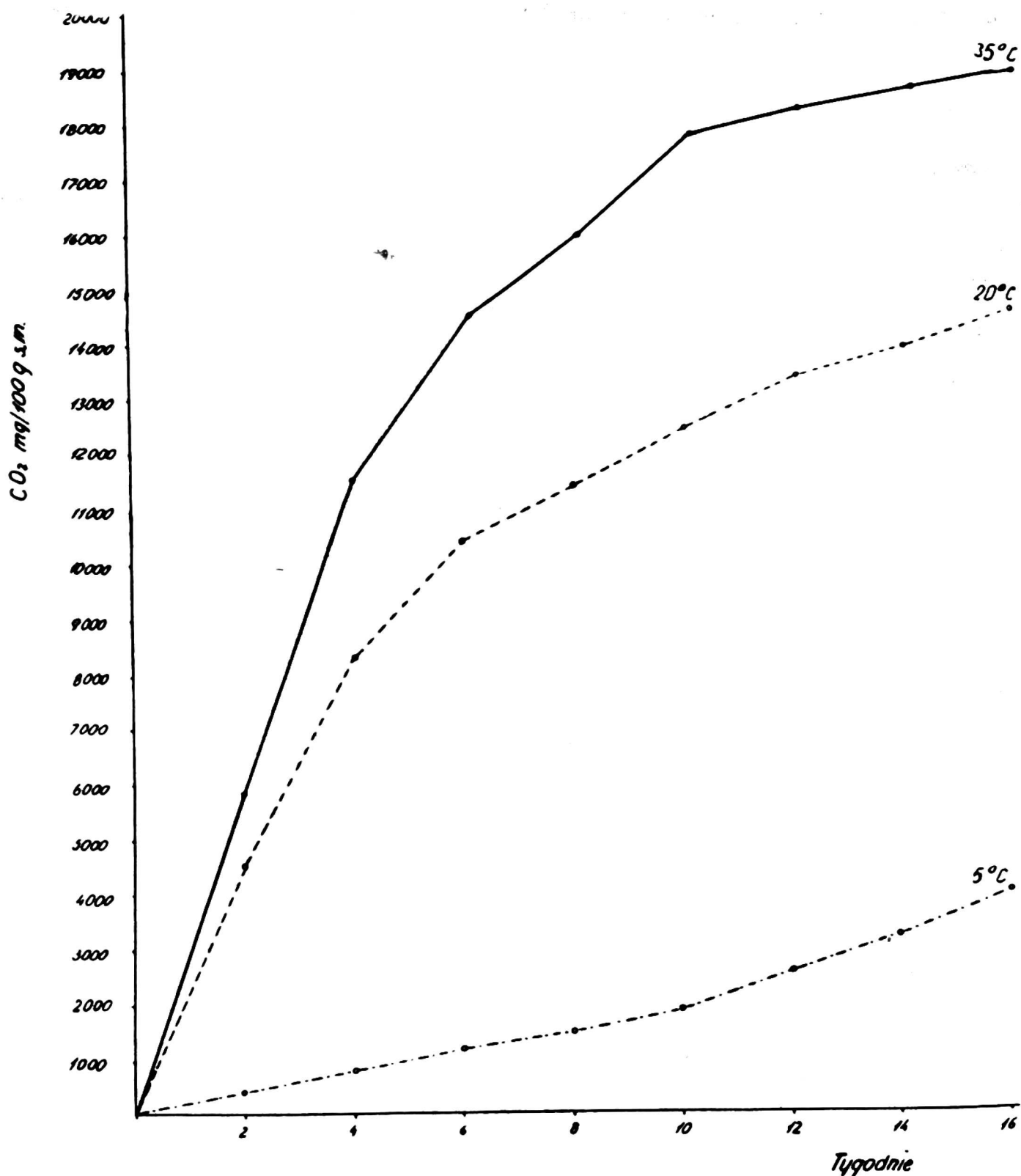
Wykres 1. Kombinacja 1 (torf surowy)



Wykres 2. Kombinacja 2 (torf parowany)

mniej w temp. 20°C, najmniej w temp. 5°C. Niezależnie od wysokości temperatury, po 4-miesięcznym kompostowaniu najwięcej  $\text{CO}_2$  otrzymano w kombinacjach samego obornika i samego łubinu. Dla obornika, ilości  $\text{CO}_2$  wynoszą od 9 g przy temp. 5°C do 65 g/100 g s. m. w temp. 35°C. Dla łubinu, ilości  $\text{CO}_2$  w temperaturze 5°C wynoszą 25 g, zaś w temp. 35°C ilości  $\text{CO}_2$  wahają się podobnie jak w oborniku.

Rozpatrując następne kombinacje należy stwierdzić, że ilość wydzielonego  $\text{CO}_2$  w kombinacjach kompostowych torfowo-łubinowych

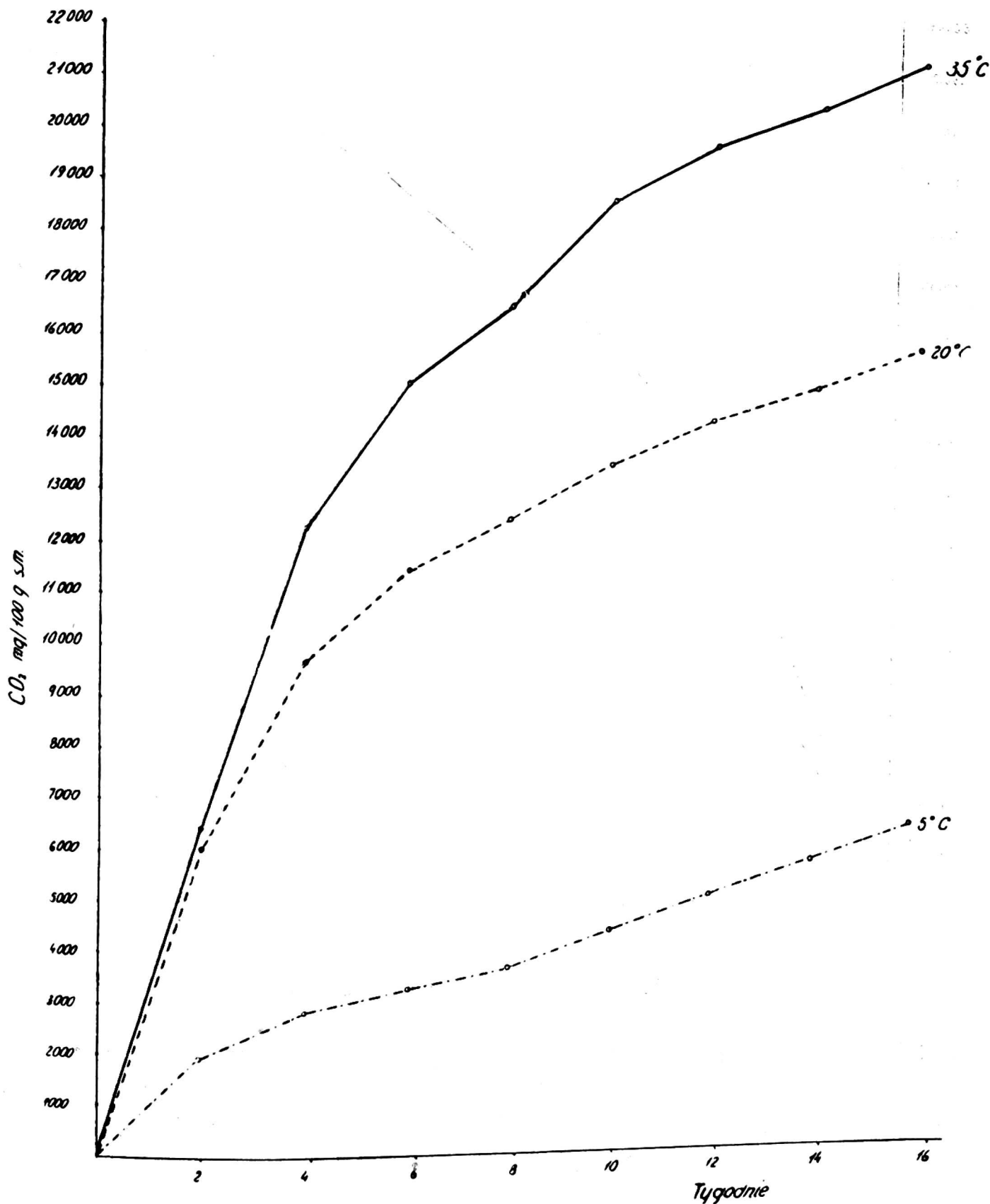


Wykres 3. Kombinacja 3 (torf obornik)

i torfowo-obornikowych jest znaczna i wynosi w zależności od temperatury od 4 — 21 g CO<sub>2</sub>/100 g s. m.

Stosunkowo większe nagromadzenie CO<sub>2</sub> w porównaniu do torfu surowego stwierdzono w torfie parowanym od 1,4 — 5,7 g/100 g s. m. W torfie surowym ilość wydzielonego CO<sub>2</sub> wynosi 0,5 g — 4,0 g/100 g s. m. Zarówno w torfie surowym jak i parowanym znaczną rolę w procesie rozkładu odgrywa temperatura, przy czym gdy w pozostałych kombinacjach nie ma zbyt wysokich różnic między wpływem temperatur 20 i 35°C, w kombinacjach torf parowany i torf surowy wpływ ten był bardzo wyraźny; najszybszy rozkład następuje

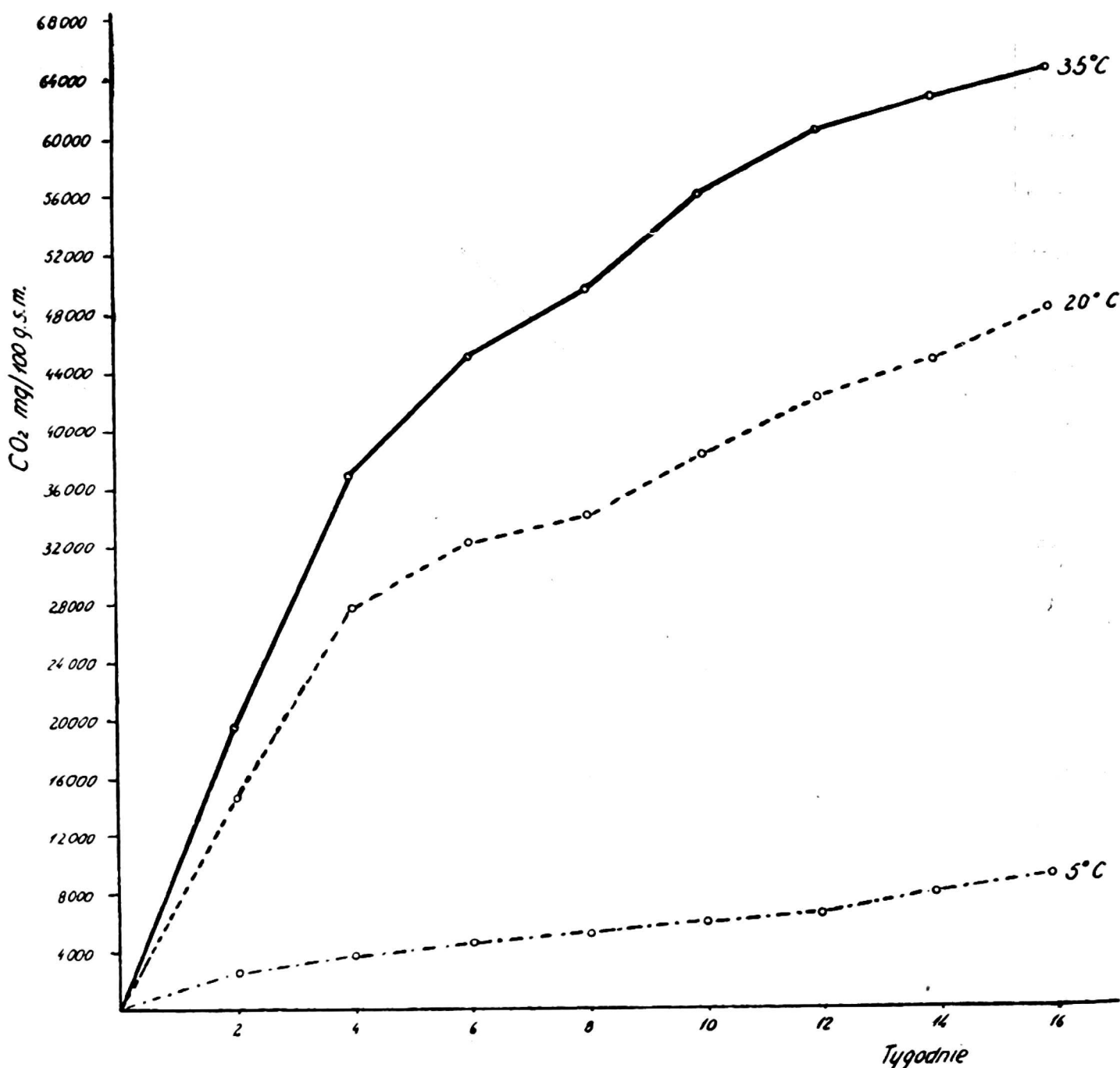




Wykres 4. Kombinacja 4 (torf + łubin)

w temp. 35°C, a prawie o połowę mniejszy przy 20°C, natomiast minimalny w temp. 5°C.

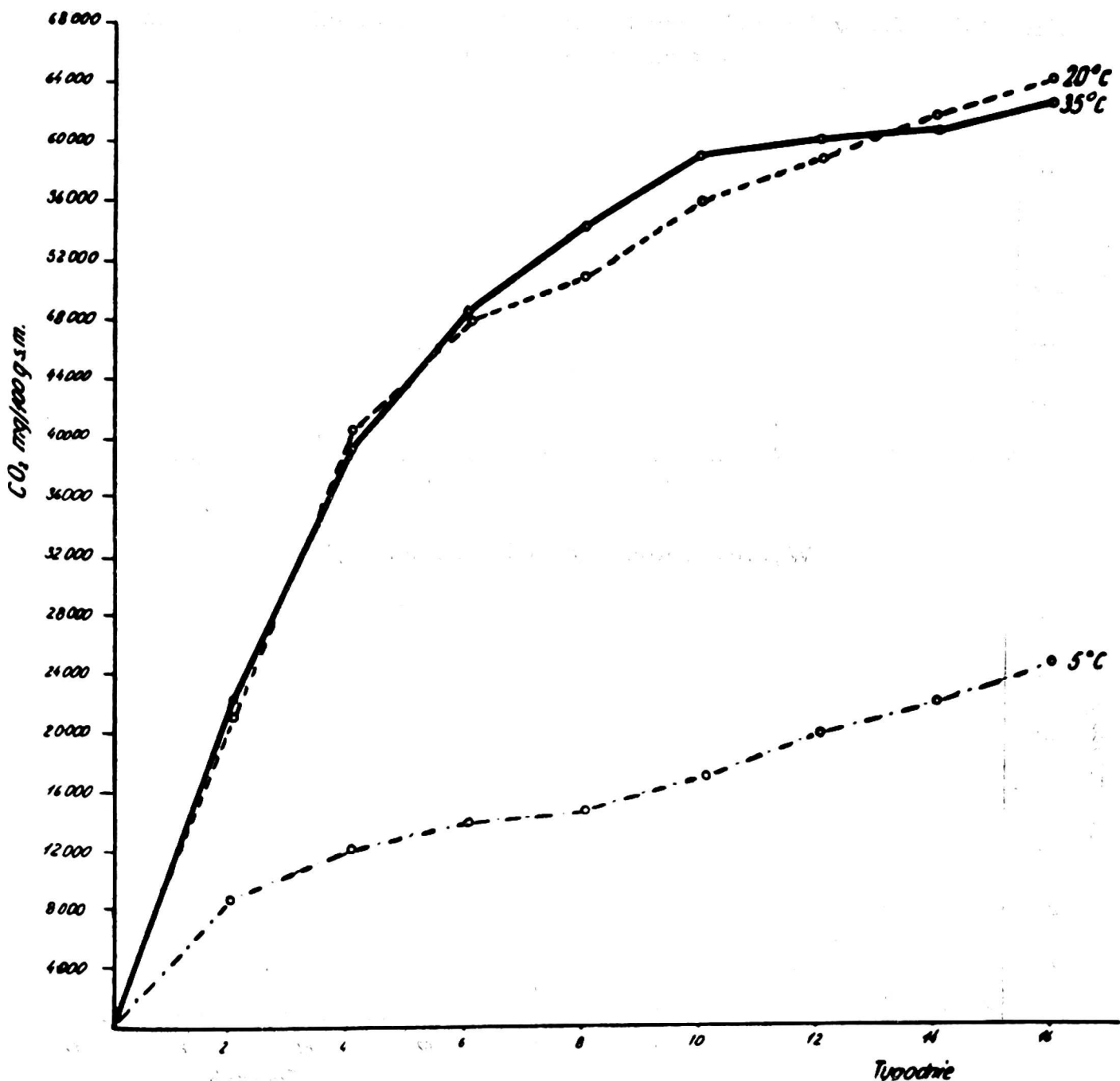
Interesujące są dane obrazujące szybkość rozkładu kompostu w poszczególnych 2-tygodniowych okresach (wykr. 7—12). We wszystkich kombinacjach występują minima i maksima nagromadzenia się CO<sub>2</sub>. Największe wydzielanie się CO<sub>2</sub> następowało w pierwszych dwóch ewentualnie 4-ch tygodniach kompostowania. W tym



Wykres 5. Kombinacja 5 (obornik)

okresie obserwowano niemal we wszystkich kombinacjach nagromadzenie się więcej niż 50%  $\text{CO}_2$  z całego 16-tygodniowego okresu kompostowania. Po 4 tygodniach kompostowania wydzielanie się  $\text{CO}_2$  szybko ulegało zmniejszeniu.

Intensywność wydzielania się  $\text{CO}_2$  w zależności od kombinacji, a także w zależności od czasu, związana jest z działalnością mikroorganizmów, które najszybciej działają w początkowym okresie, rozkładając najłatwiej dostępne związki organiczne: cukry proste, celulozę, hemicelulozę, aminokwasy. Stąd też substancje zasobne w energię z obornika czy łubinu, w wyniku działalności życiowej drobnoustrojów, zmieniają się w bardziej proste, ulegając w pewnych warunkach całkowitej mineralizacji. W torfie procesy rozkładu odbywają się dużo wolniej, gdyż łatwo rozkładalnych (energetycznych) substancji jest niewiele.

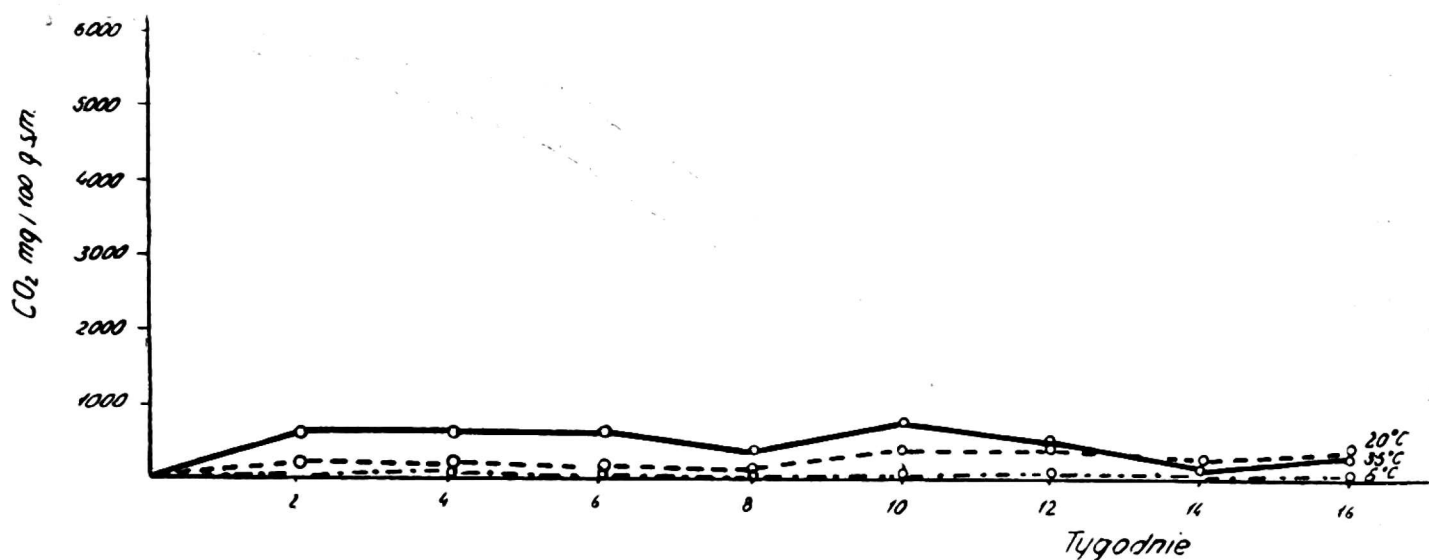


Wykres 6. Kombinacja 6 (łubin)

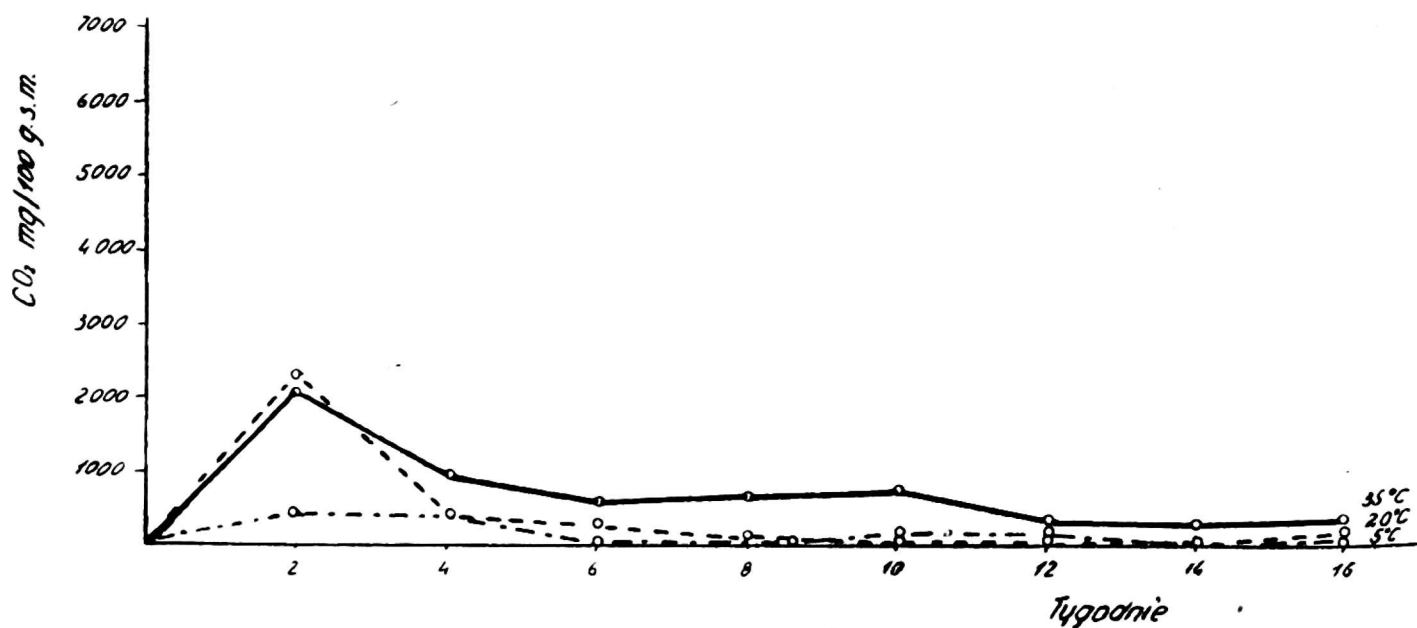
Wydzielanie się  $\text{CO}_2$  w czasie kompostowania obrazuje straty suchej masy oraz szybkość mineralizacji, gdyż równocześnie ze stratami masy organicznej obserwuje się zwiększenie popiołu oraz azotu mineralnego. W naszych badaniach, zwiększanie się popiołu wraz z rozpuszczalnymi składnikami mineralnymi ( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) widoczne jest w kombinacjach o największych stratach suchej masy ( $\text{CO}_2$ ), mianowicie w oborniku, łubinie, ewentualnie w kombinacjach kompostowych torfowo-łubinowych i torfowo-obornikowych (tab. 2, 3).

W torfie obok węgla niezmiernie ważną rolę odgrywa azot. W większości przypadków zainteresowanie torfem jako nawozem wiąże się z zawartością w nim dużej ilości azotu, w naszym przypadku około 4,0% (tab. 2), Znaczna zawartość azotu ogólnego znajduje się przeważnie w formie białkowej. Jednak wraz z rozkładem masy organicznej, związki azotowe ulegają mineralizacji do składników prostszych  $\text{N} - \text{NH}_3$  i  $\text{N} - \text{NO}_3$ .

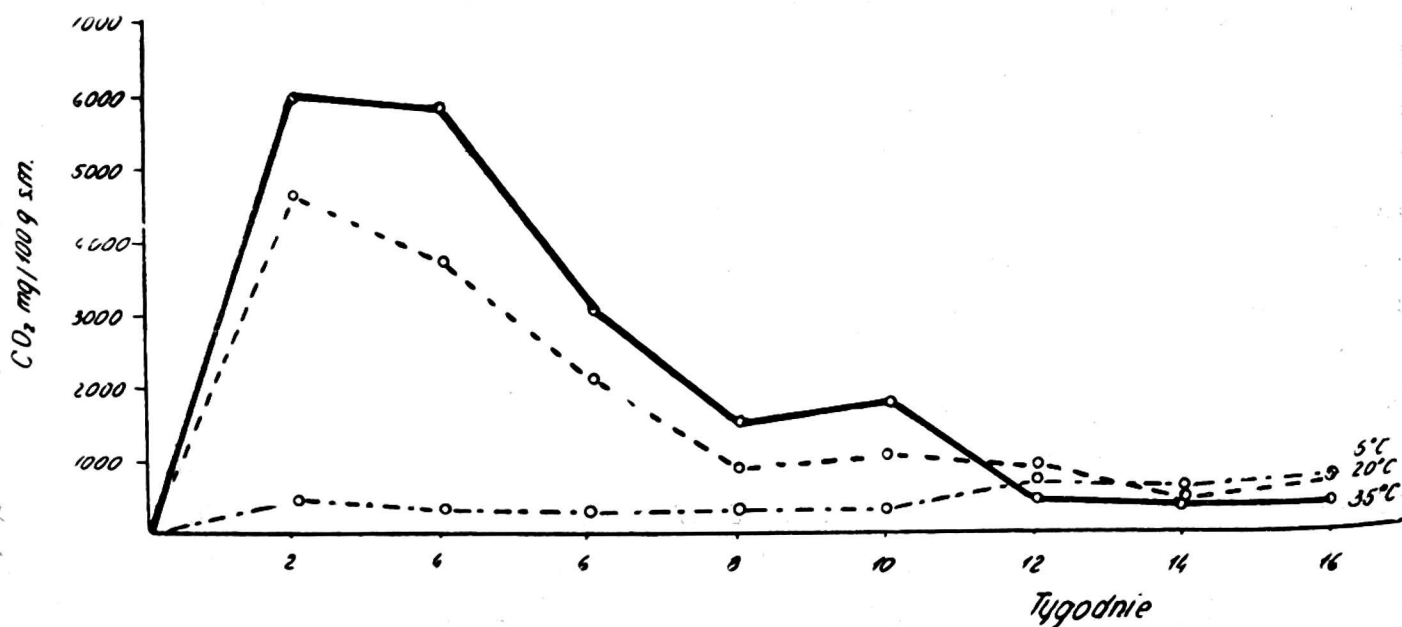
Zawartość  $\text{CO}_2$  w 2-tygodniowych okresach w czasie inkubacji kompostów w różnych temperaturach



Wykres 7. Kombinacja 7 (torf surowy)

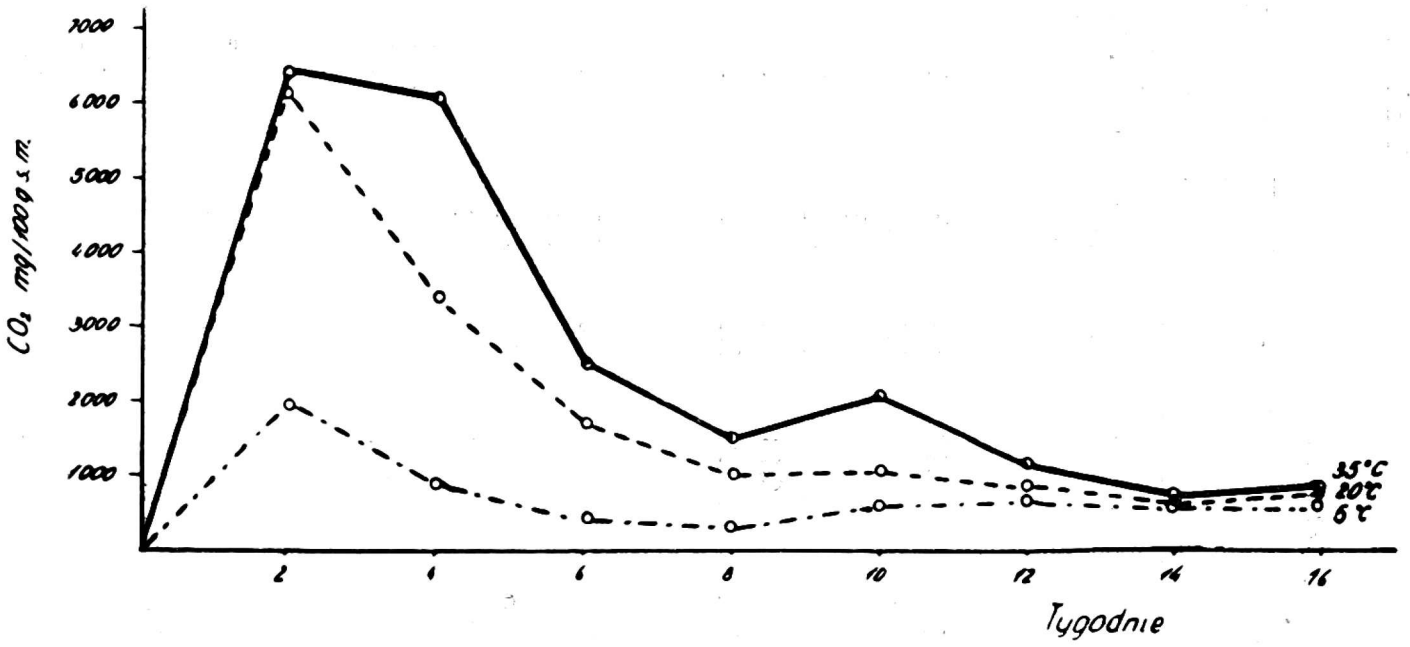


Wykres 8. Kombinacja 2 (torf parowany)

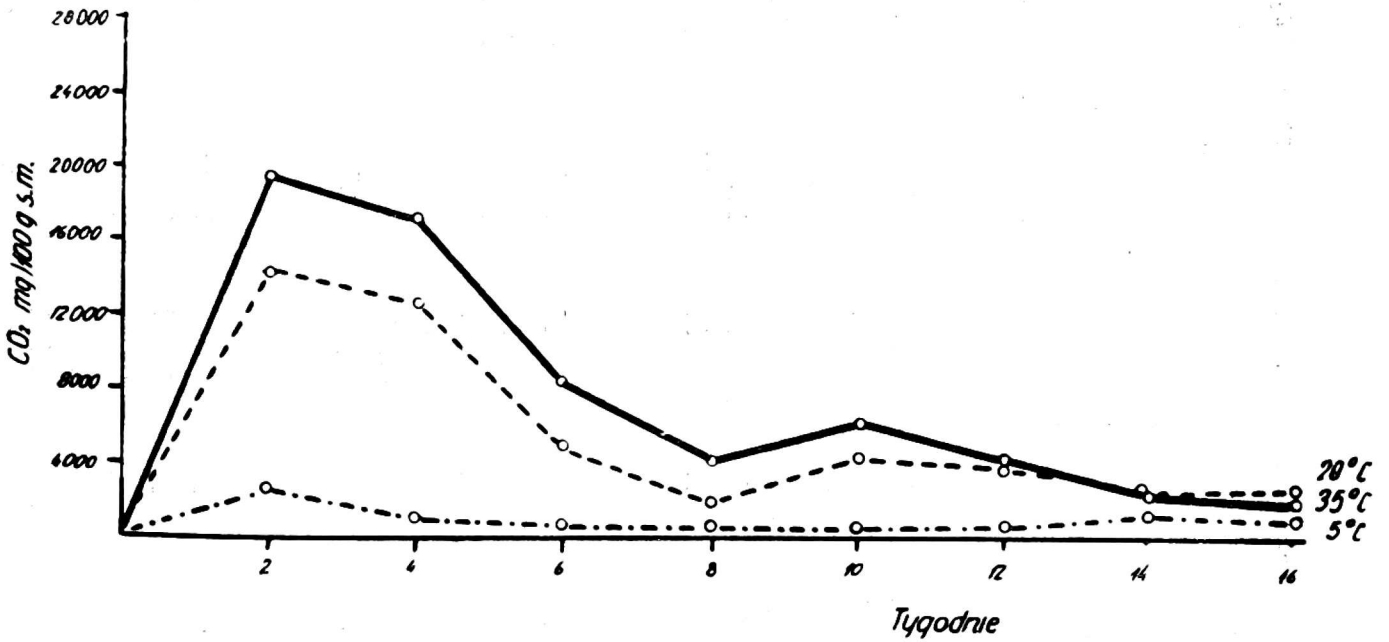


Wykres 9. Kombinacja 3 (torf + obornik)

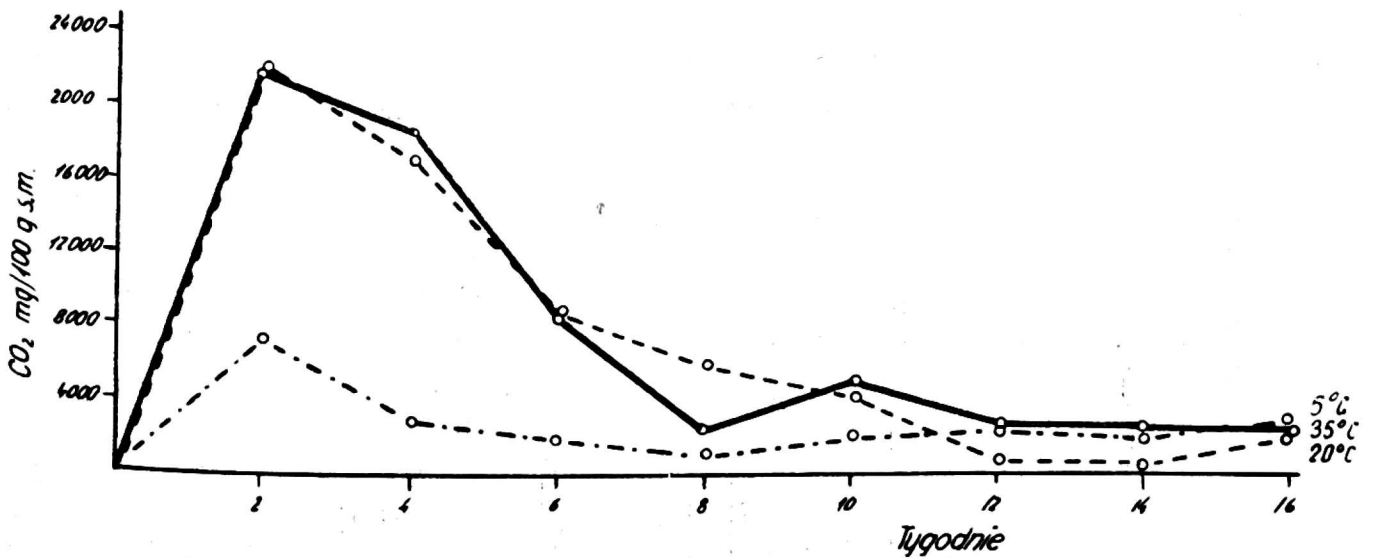




Wykres 10. Kombinacja 4 (torf + łubin)



Wykres 11. Kombinacja 5 (obornik)



Wykres 12. Kombinacja 6 (łubin)

Tabela 2

## Zmiany w masie organicznej w czasie kompostowania przy różnej temperaturze

Kombinacje	Straty s. m. w % po 4 miesiacach	w % abs. suchej masy								pH		Straty N og w % do początkowej zawartości uwzględniaj. straty s. masy
		początkowo				po 4 miesiacach				początkowo	po 4 mies.	
		popiół surowy		N-ogóln.		N-ogóln.		N-min.				
		początkowo	po 4 mies.	N-ogóln.	N-min.	N-ogóln.	N-min.	N-ogóln.	N-min.			
<b>5 °C</b>												
1. Torf niski surowy	0,30	13,60	13,72	4,10	0,046	25,33	4,20	0,047	25,96	5,9	5,7	0
2. " " parowany	0,77	13,60	13,78	4,10	0,062	25,24	4,20	0,126	25,46	6,0	6,4	0
3. " " + obornik (2:1)	2,70	17,80	17,90	3,60	0,095	21,90	3,80	0,108	20,31	7,6	6,3	0
4. " " + łubin (3:1)	3,70	10,12	10,82	3,50	0,046	21,58	4,18	0,064	25,72	6,2	6,4	0
5. Obornik	6,53	18,84	21,76	2,51	0,200	14,44	2,80	0,211	16,18	8,6	9,5	0
6. Łubin	14,80	5,72	7,18	1,42	0,180	7,75	2,40	0,184	13,86	6,0	6,6	0
<b>20 °C</b>												
1. Torf niski surowy	1,32	13,60	14,01	4,10	0,046	25,33	4,20	0,077	25,77	5,9	5,2	0
2. " " parowany	2,05	13,60	14,23	4,10	0,062	25,24	4,20	0,132	25,42	6,0	6,7	0
3. " " + obornik (2:1)	9,60	17,80	18,72	3,60	0,095	21,90	3,60	0,119	21,75	7,6	6,4	9,7
4. " " + łubin (3:1)	9,40	10,12	13,87	3,50	0,046	21,58	3,91	0,070	25,15	6,2	6,2	0
5. Obornik	35,20	18,84	32,10	2,51	0,200	14,44	2,22	0,506	10,71	8,6	9,0	44,0
6. Łubin	47,05	5,72	10,46	1,42	0,180	7,75	2,28	0,212	12,92	6,0	8,2	4,2
<b>35 °C</b>												
1. Torf niski surowy	2,32	13,60	14,08	4,10	0,046	25,33	4,10	0,130	24,81	5,9	6,1	2,4
2. " " parowany	3,50	13,60	14,61	4,10	0,062	25,24	3,90	0,166	23,34	6,0	6,6	7,3
3. " " + obornik (2:1)	12,60	17,80	20,85	3,60	0,095	21,90	3,70	0,141	22,24	7,6	7,4	10,3
4. " " + łubin (3:1)	12,80	10,12	14,31	3,50	0,046	21,58	4,20	0,088	25,70	6,2	6,6	0
5. Obornik	46,90	18,84	34,00	2,51	0,200	14,44	2,81	0,479	14,57	8,6	8,2	40,0
6. Łubin	38,02	5,72	11,40	1,42	0,180	7,75	2,11	0,230	11,75	6,0	7,7	9,8

Tabela 3

Zawartość składników chem. rozp. w 0,2 n HCl

Kombinacje	w ‰ a. s. m.											
	Początkowo			Po 4 miesiącach								
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	temp. 5°C			temp. 20°C			temp. 35°C		
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
1. Torf niski surowy	0,008	0,071	4,86	0,013	0,068	4,38	0,019	0,090	5,04	0,017	0,071	5,37
2. Torf niski parowany	0,020	0,071	5,14	0,020	0,090	5,25	0,018	0,105	6,25	0,019	0,078	5,08
3. Torf niski + obornik (2:1)	0,100	1,150	4,86	0,108	1,204	5,24	0,047	1,324	6,07	0,107	1,336	5,84
4. Torf niski + łubin (3:1)	0,012	0,420	4,72	0,014	0,565	4,56	0,010	0,758	6,31	0,019	0,638	5,25
5. Obornik	0,220	2,408	3,05	0,202	2,937	3,40	0,236	5,141	6,91	0,254	4,310	6,43
6. Łubin	0,092	1,312	1,39	0,104	1,902	4,02	0,090	2,973	6,81	0,139	3,383	5,52

Szybkość amonifikacji, nitryfikacji oraz nagromadzenie się N-mineralnego przedstawiono na wykresach 13 — 24 oraz w tabeli 2.

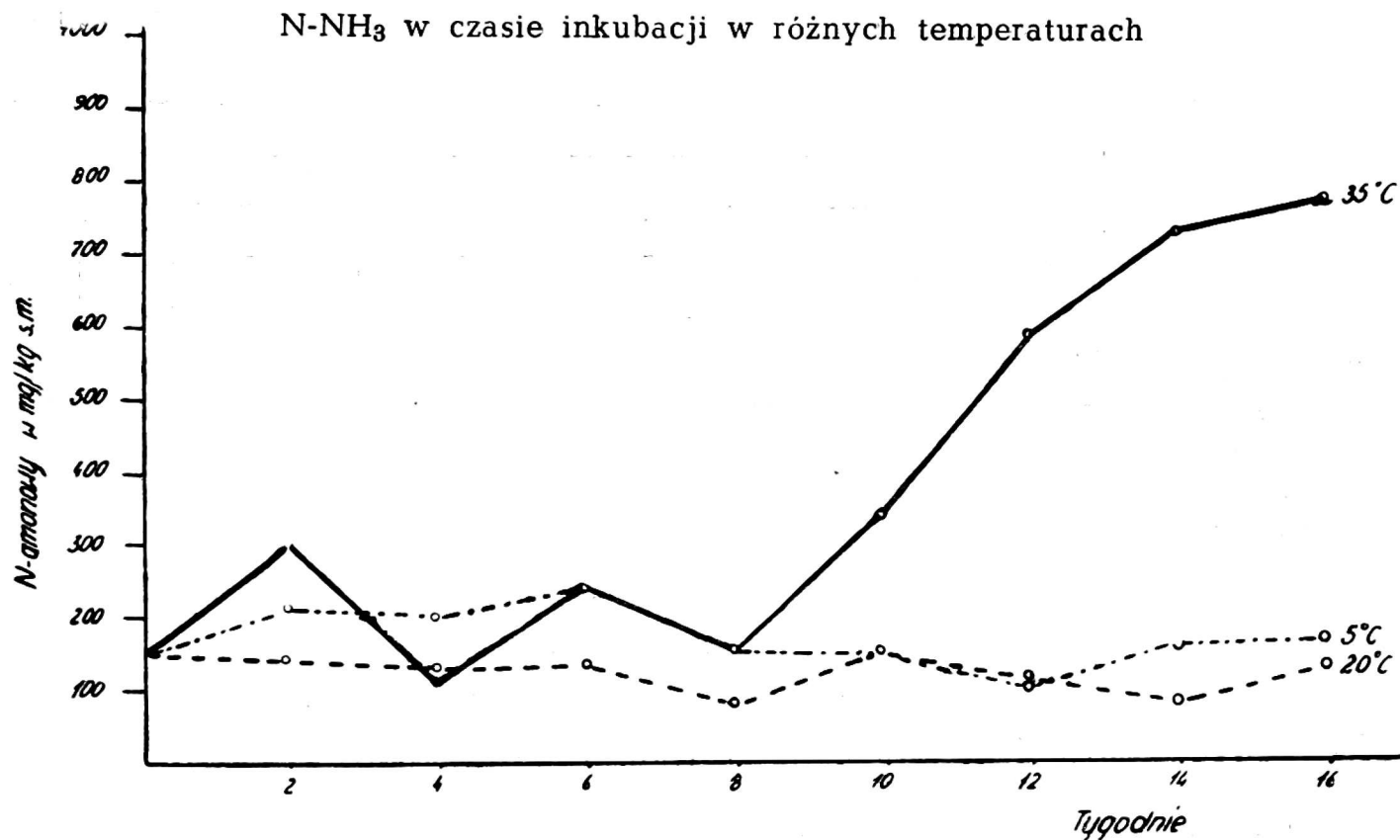
W tabeli 2 podano ilość azotu przed i po kompostowaniu w przeliczeniu na a. s. m. Zwyżki azotu mineralnego po 4 miesiącach są znaczne, a w większości kombinacji azot mineralny zwiększa się dwukrotnie.

Zawartość azotu amonowego we wszystkich kombinacjach zwiększa się po 2 tygodniach kompostowania, a następnie obserwuje się zniżkę, po 4 miesiącach ilość N-NH<sub>3</sub> ponownie wzrasta.

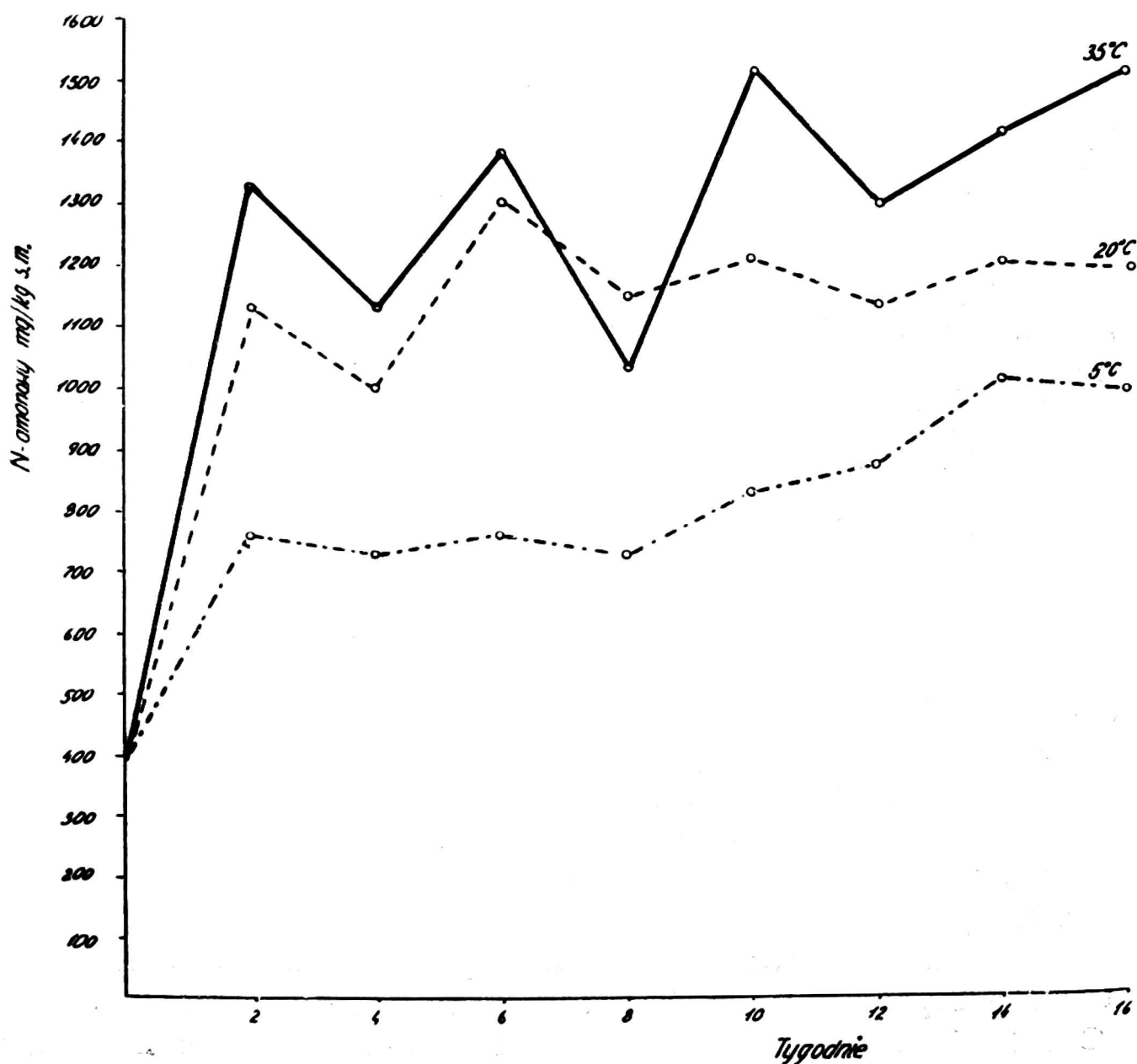
Wysoka zawartość N-NH<sub>3</sub> przez 4-miesięczny okres kompostowania utrzymuje się na tym samym poziomie przede wszystkim w kombinacji z torfem parowanym. Przez parowanie ilość azotu w formie amonowej uległa w tej kombinacji znacznemu zwiększeniu, a także przez intensywną amonifikację zwiększyła się w pierwszych 2 tygodniach kompostowania.

Nagromadzenie się azotu azotanowego w poszczególnych kombinacjach uzależnione jest od temperatury. Najśłabsza nitryfikacja występuje w temp. 5°C we wszystkich kombinacjach. Pewne zmniejszenie ilości azotanów, w porównaniu do ilości wyjściowych, obserwuje się w kombinacjach z torfem parowanym niezależnie od temperatury. Jak podają niektórzy badacze (18), związane jest to ze zniszczeniem w czasie parowania nieprzetrwalnikowych bakterii nitryfikacyjnych, które dopiero po dłuższym okresie mogą zjawić się w torfie i powodować nitryfikację.

W czasie kompostowania, w niektórych kombinacjach znaleziono znaczne straty azotu ogólnego (tab. 2). Straty te występują w temp. 35°C i 20°C. Najwyższe straty azotu zanotowano w kombinacjach z obornikiem i z łubinem; wynoszą one dla obornika 40 — 44%, dla

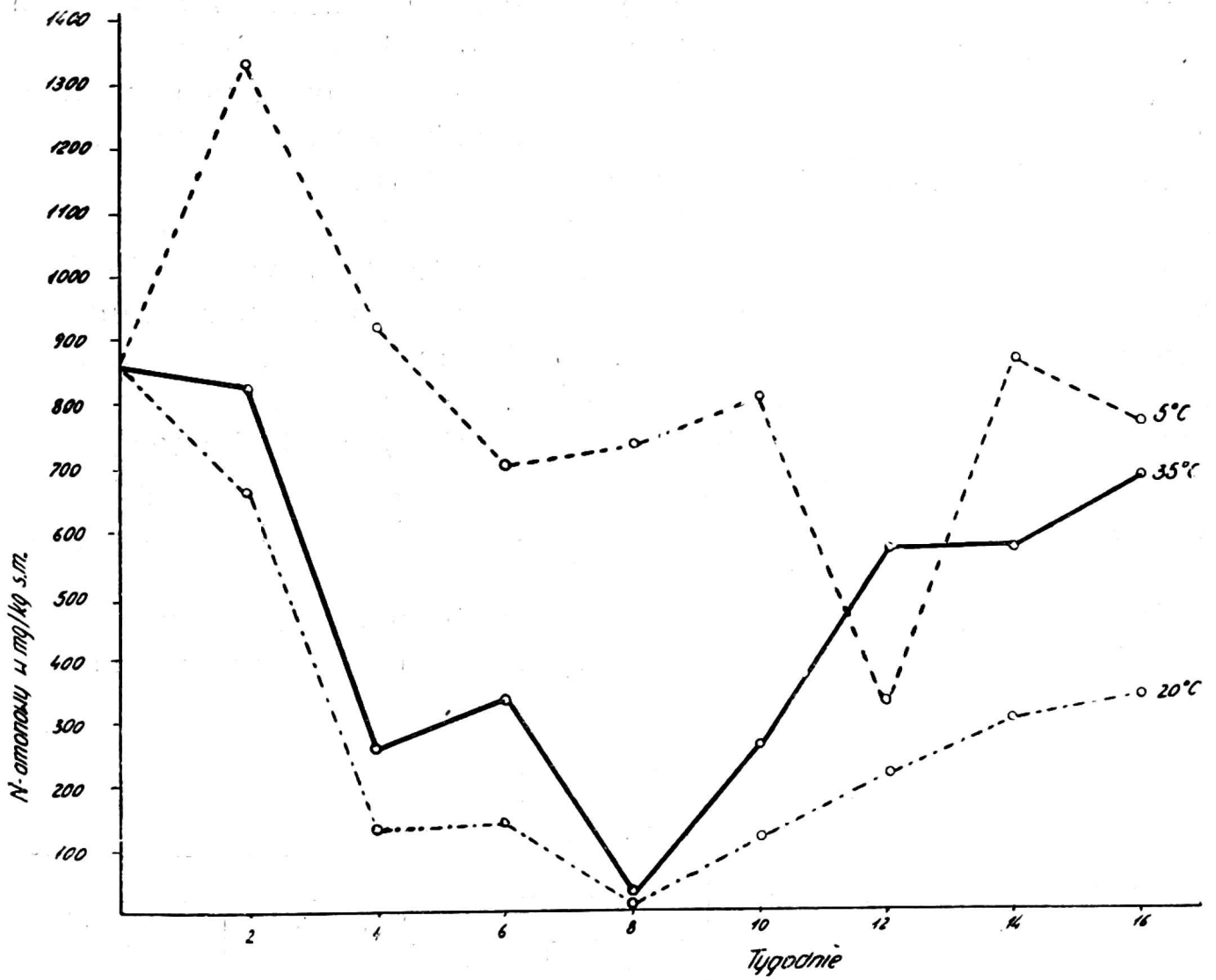


Wykres 13. Kombinacja 1 (torf surowy)

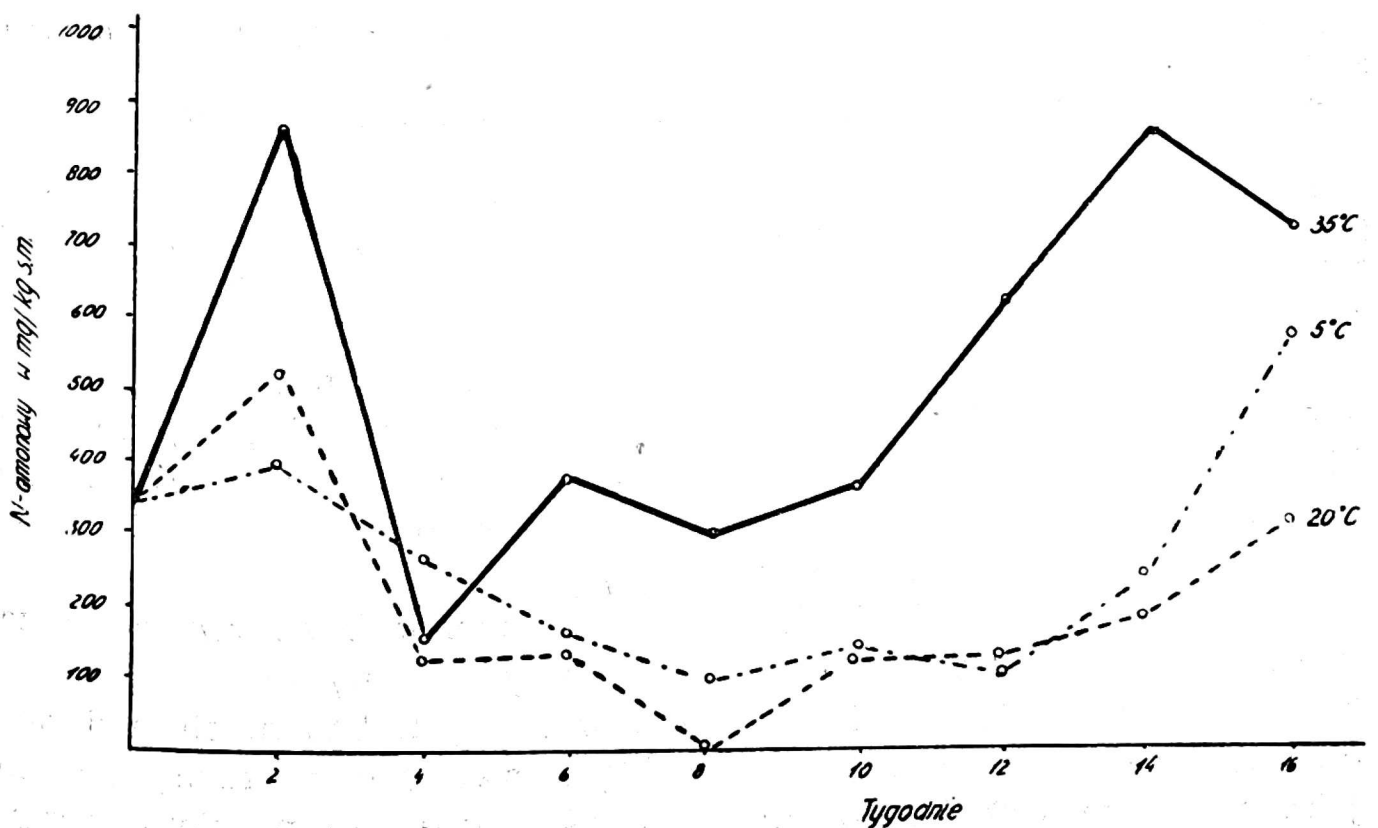


Wykres 14. Kombinacja 2 (torf parowany)





Wykres 15. Kombinacja 3 (torf + obornik)



Wykres 16. Kombinacja 4 (torf + łubin)

łubinu do 10<sup>0</sup>%. Znacznie mniejsze straty azotu (około 10<sup>0</sup>%) widoczne są w przypadku kompostowania torfu z obornikiem (tab. 2).

W okresie 4-miesięcznego kompostowania w badanych kombinacjach zmienia się stosunek C:N. Jak wynika z tabeli 4 początkowo największy stosunek C:N zaobserwowano w torfie surowym i parowanym (11:1), nieco szerszy w kombinacji torf + obornik i torf + łubin. W oborniku stosunek C:N wynosił 15:1, a w łubinie 33:1. Wskutek intensywnego rozkładu, po 4 miesiącach kompostowania stosunek C:N w niektórych kombinacjach uległ znacznemu zwięźeniu. Największe zwięźenie C:N występuje w temperaturze 35°C i 20°C, przy czym nie ma tu dużych różnic uzależnionych od obu temperatur. W czasie kompostowania, najintensywniejszy rozkład występował w kombinacji z łubinem, gdzie stosunek C:N z 33:1 zmniejszył się do 12:1 w temperaturze 20°C i 35°C.

Znaczne zwięźenie występuje także i w oborniku. W torfie surowym i torfie parowanym nie ma widocznych zmian w stosunku C:N.

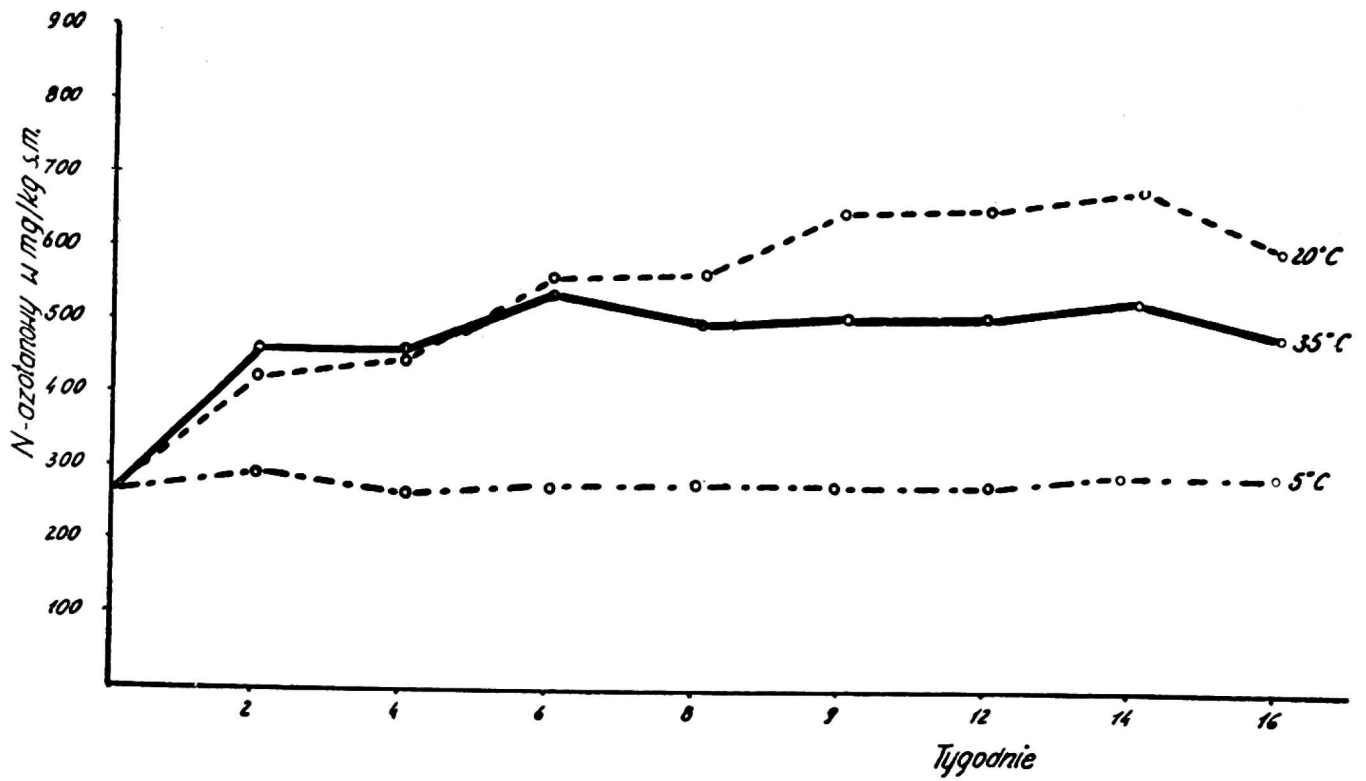
Tabela 4

## Zawartość C i N przed i po kompostowaniu

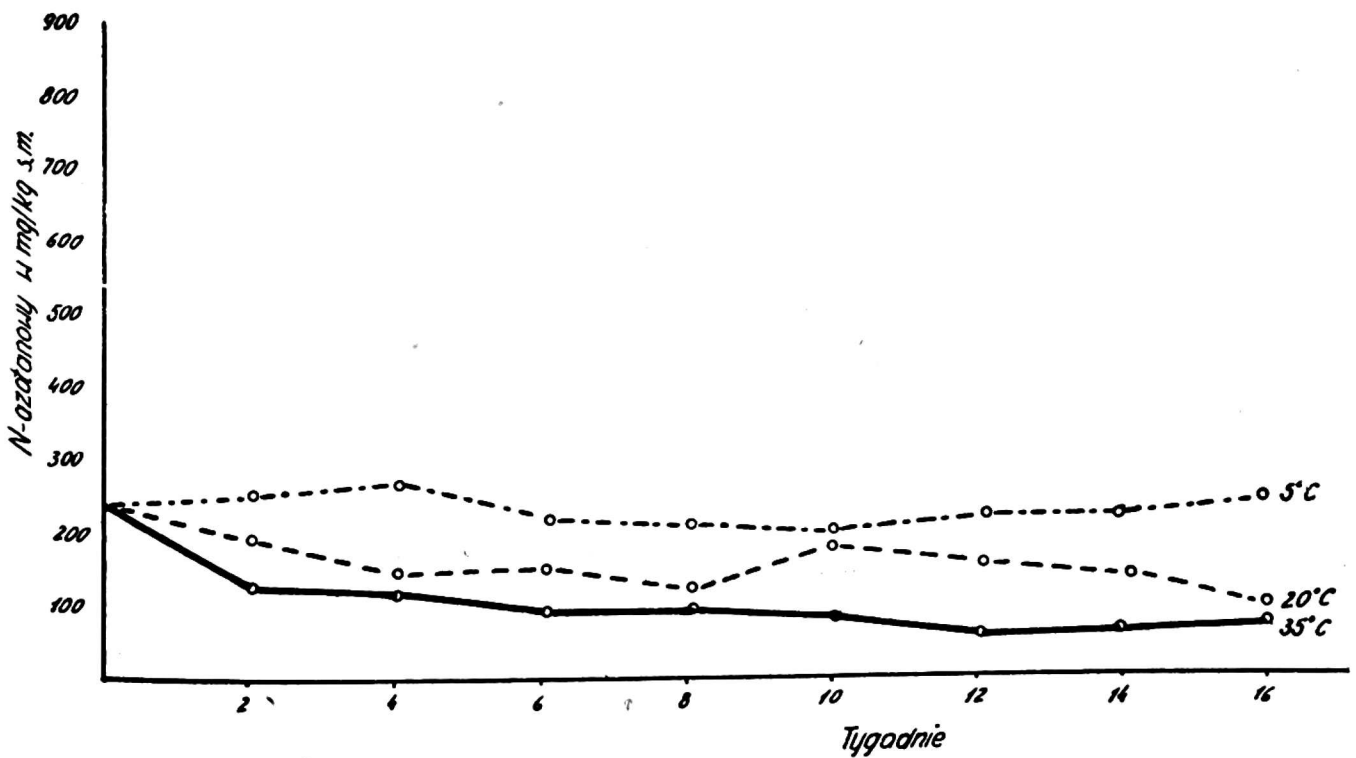
Kombinacje	w ‰ abs. suchej bezp. masy organicznej											
	Początkowo			Po 4 miesiącach								
	C	N	C:N	temp. 5°C			temp. 20°C			temp. 35°C		
				C	N	C:N	C	N	C:N	C	N	C:N
1. Torf niski surowy	52,36	4,70	11:1	52,21	4,90	11:1	51,67	4,90	11:1	51,4	4,80	10:1
2. Torf niski parowany	52,35	4,70	11:1	51,95	4,90	11:1	51,31	4,90	10:1	50,65	4,60	11:1
3. Torf niski + obornik (2:1)	51,10	4,40	12:1	49,77	4,50	11:1	46,18	4,50	10:1	44,67	4,70	9:1
4. Torf niski + łubin (3:1)	51,06	3,90	13:1	49,18	4,80	10:1	46,39	4,80	10:1	44,56	4,90	10:1
5. Obornik	46,55	3,10	15:1	43,51	3,40	13:1	30,24	3,40	9:1	24,69	3,70	7:1
6. Łubin	48,82	1,50	33:1	41,59	2,50	16:1	30,74	2,50	12:1	30,31	2,40	12:1

Ogólnie zostało stwierdzone, że w glebach żyznych np. ogrodowych, procesy rozkładu substancji organicznej zachodzą szybko. Rozkład błonnika odbywa się tym szybciej, im młodsze są części roślin. Powyższe spostrzeżenia nasunęły myśl, że stopień rozkładu błonnika może być wskaźnikiem żyzności gleby.

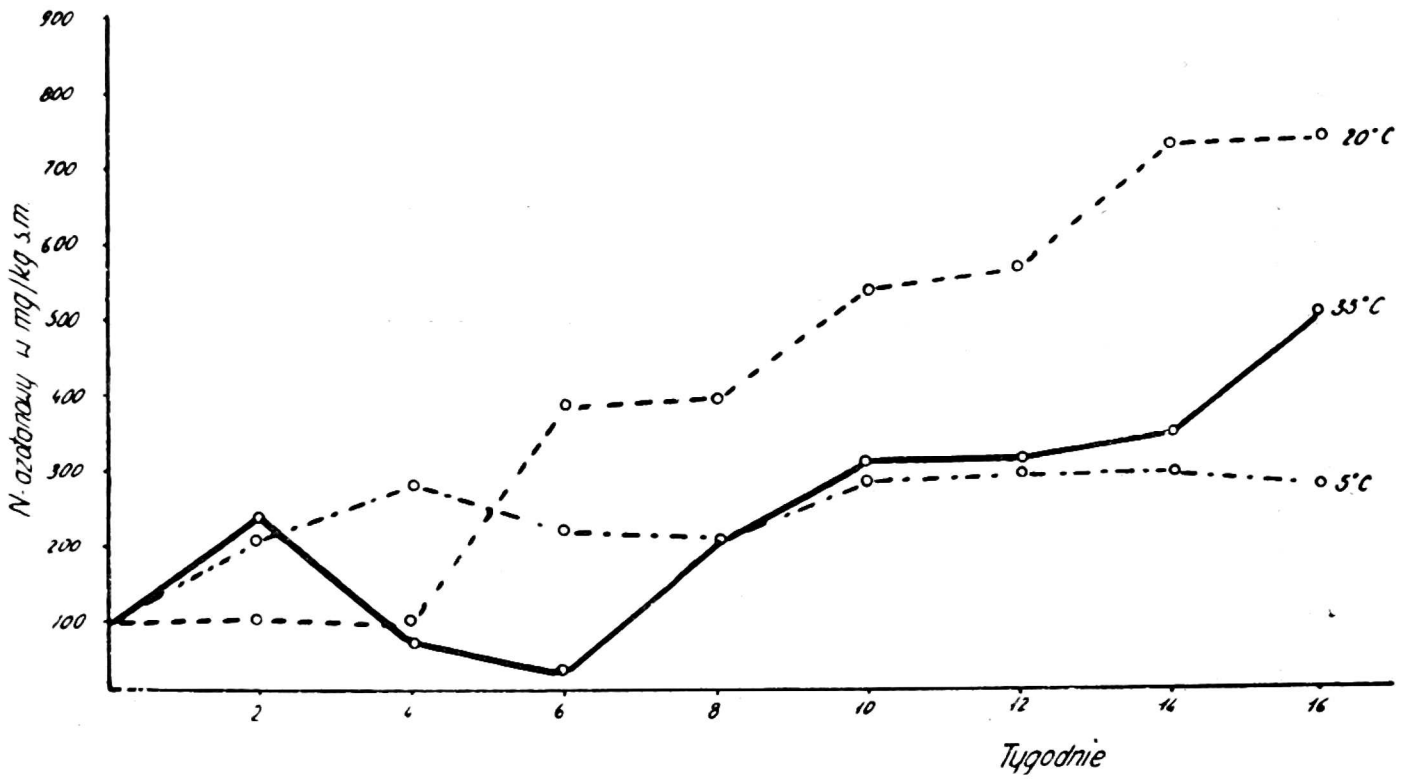
W badaniach mikrobiologicznych za wskaźnik intensywności przemian biochemicznych w glebie, często przyjmowany jest stopień rozkładu błonnika (10, 17). Dlatego też w naszych badaniach nad procesami rozkładowymi w torfach aktywizowanych w różny sposób, jako jeden ze wskaźników intensywności przemian przyjęto stopień rozkładu błonnika. Procentowy ubytek błonnika podano na rys. 1, 2

N-NO<sub>3</sub> w czasie inkubacji w różnych temperaturach

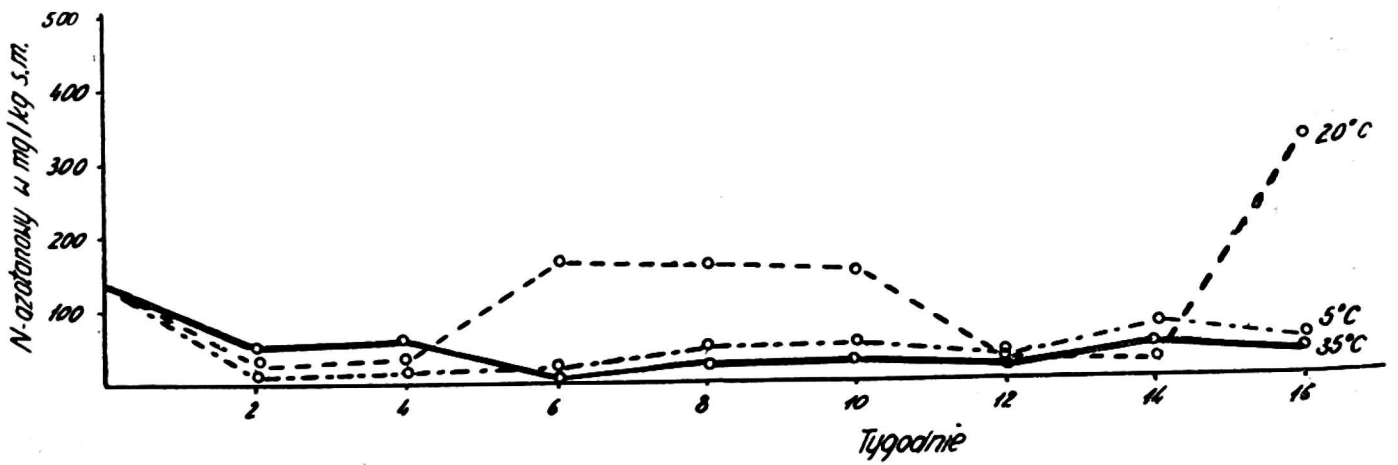
Wykres 17. Kombinacja 1 (torf surowy)



Wykres 18. Kombinacja 2 (torf parowany)



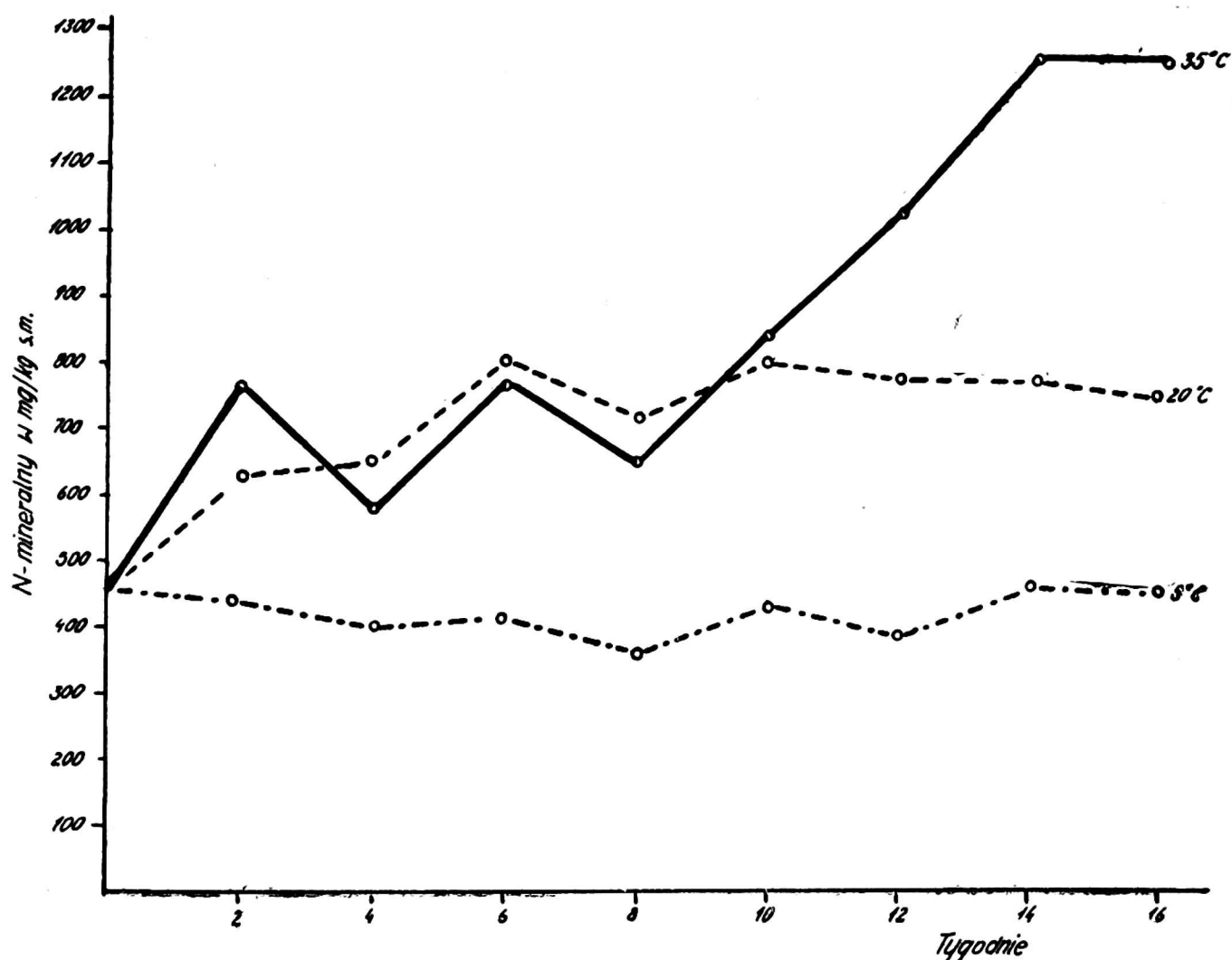
Wykres 19. Kombinacja 3 (torf + obornik)



Wykres 20. Kombinacja 4 (torf + łubin)



N-mineralny ( $N-NH_3 + N-NO_3$ ) w czasie inkubacji w różnych temperaturach



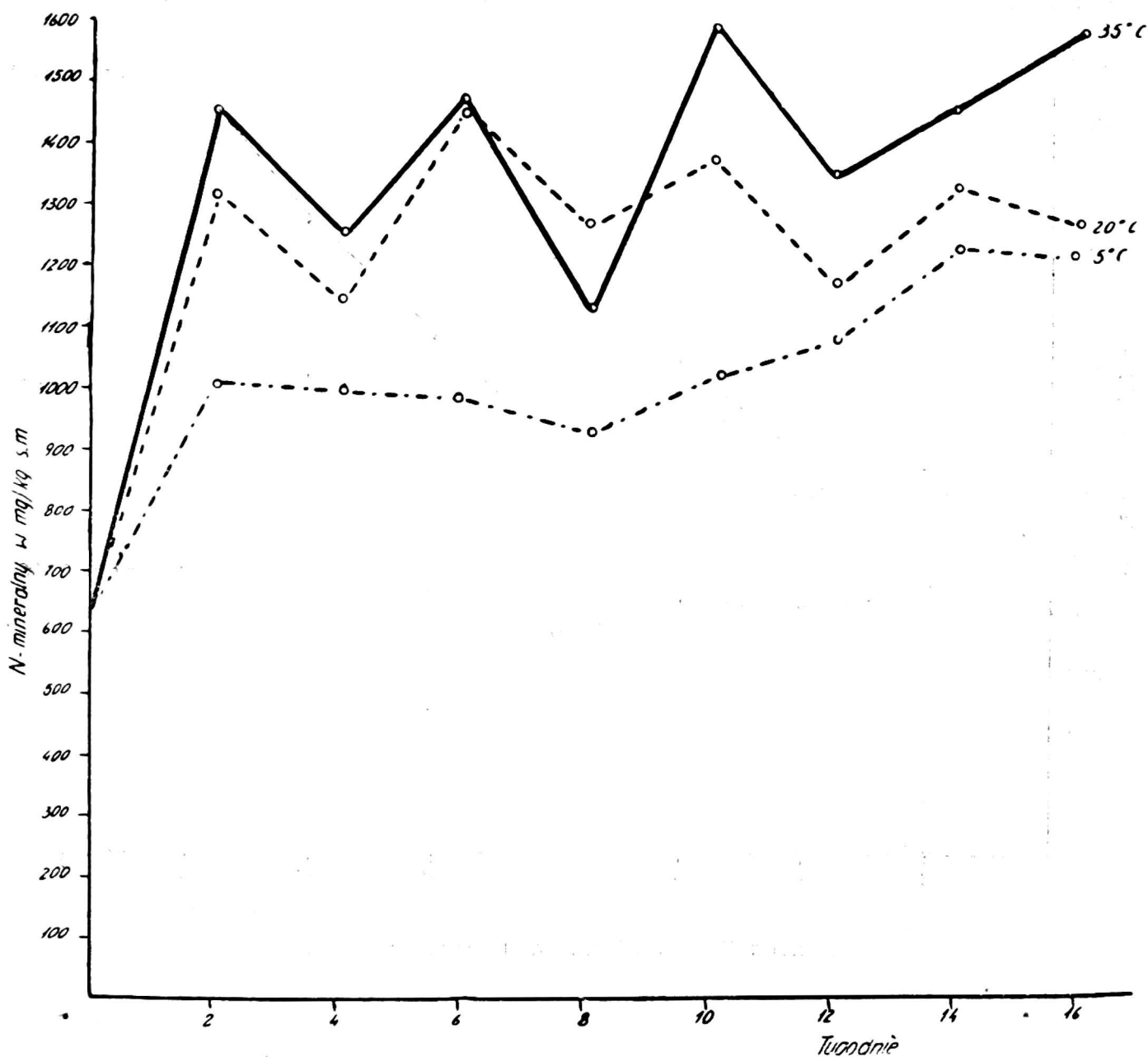
Wykres 21. Kombinacja 1 (torf surowy)

Tabela 5

Wpływ parowania, dodatku obornika i łubinu na rozkład torfu

Kombinacja	Ilość subst. a. s. w g	Ilość otrzymanego „C” w g		
		temperatura		
		5°C	20°C	35°C
1. Torf niski surowy	100	0,13	0,60	1,06
2. „ „ parowany	100	0,35	0,90	1,55
3. „ „ + obornik (2 : 1)	100	1,10	4,05	5,29
4. Obornik	33	0,85	4,41	5,91
5. Torf + łubin (3 : 1)	100	1,69	4,29	5,84
6. Łubin	25	1,70	4,28	4,36

i 3. W powyższych badaniach znaczny wpływ na rozkład błonnika posiada temperatura. W temp. 5°C rozkład ten jest niewielki, natomiast silniejszy rozkład występuje w temp. 20°C i 35°C. W temperaturze 20°C, po 4 miesiącach następuje całkowity rozkład błonnika we wszystkich kombinacjach, a w temperaturze 35°C całkowity rozkład błonnika po 4 miesiącach, widoczny jest w kombinacjach 3, 4, 5 i 6. W temperaturze 35°C, najszybszy rozkład ma miejsce w kombinacji 3,



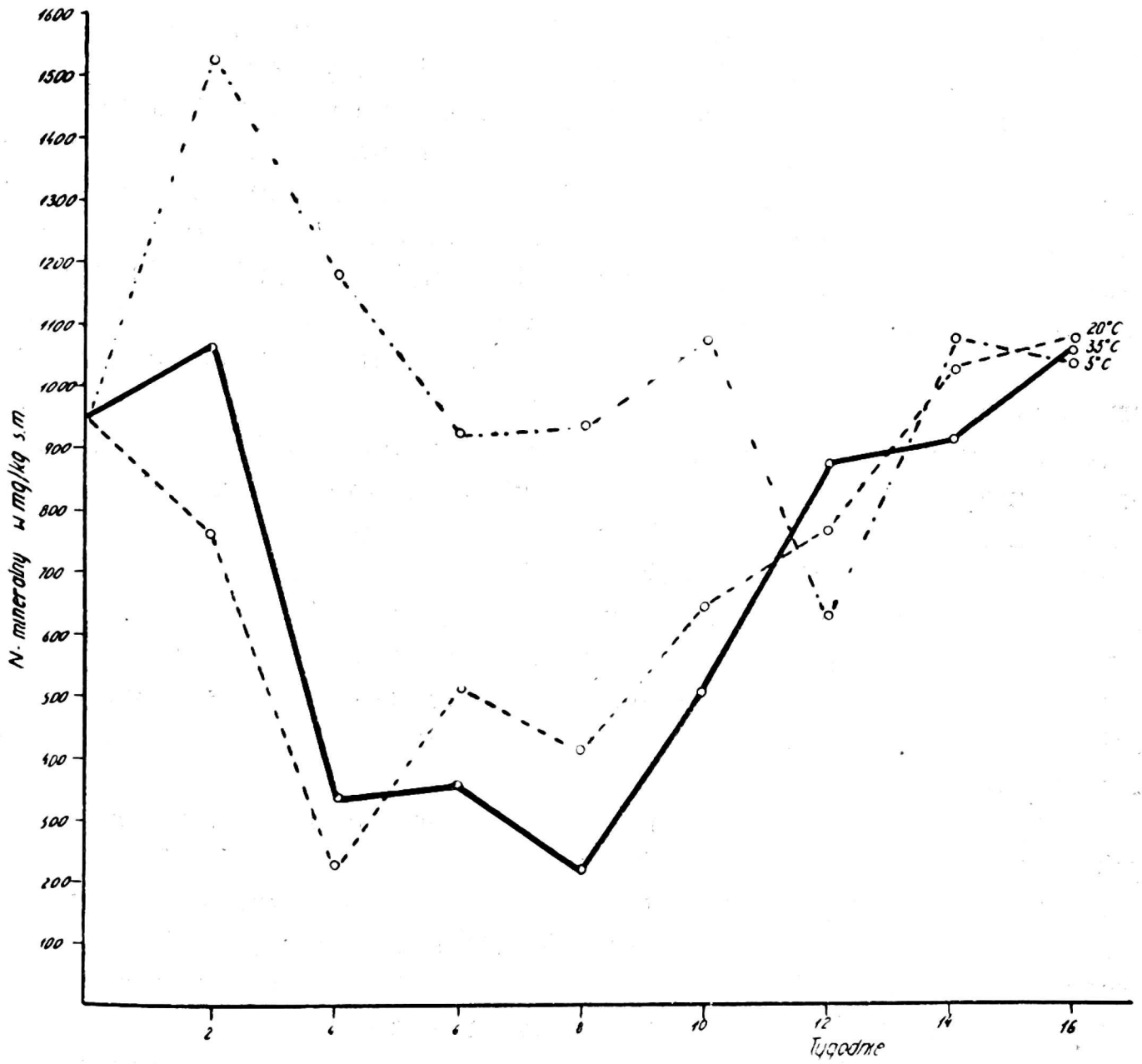
Wykres 22. Kombinacja 2 (torf parowany)

6 i 4, gdzie po 2 miesiącach rozkład błonnika dochodzi do 80%. W temperaturze 20°C najintensywniejszy rozkład występuje w kombinacji 5, 2 i 3.

W temperaturze 5°C najszybszy rozkład błonnika widoczny jest w kombinacji 3 (torf + obornik), gdzie po 4 miesiącach rozłożone zostało około 50% błonnika; w pozostałych kombinacjach w temperaturze 5°C rozkład utrzymuje się mniej więcej na jednakowym poziomie i po 4 miesiącach wynosi około 30%.

### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki uzyskane z 4-miesięcznego okresu kompostowania różnych materiałów organicznych wskazują na to, że procesy rozkładowe przebiegają najintensywniej w kompostowanym oborniku i łubinie, przy czym znaczny wpływ na intensywność tych procesów posiada temperatura. We wszystkich kombinacjach procesy rozkładowe najinten-



Wykres 23. Kombinacja 3 (torf + obornik)



Wykres 24. Kombinacja 4 (torf + łubin)

sywniej przebiegają w temp. 35°C, nieco słabiej w 20°C, a w minimalnym stopniu w temp. 5°C. Niezależnie do wysokości temperatur w pozostałych kombinacjach procesy rozkładowe są mniej intensywne od rozkładu w samym oborniku i w samym łubinie. Wskazują na to krzywe CO<sub>2</sub> wydzielającego się w poszczególnych okresach oraz suma strat węgla po 4 miesiącach kompostowania. Dodanie do torfu substancji organicznych, stanowiących doskonałą pożywkę dla mikroorganizmów, miało na celu pobudzenie do rozwoju tych mikroorganizmów, aby po częściowym zużyciu tej pożywki mogły one uruchamiać z kolei składniki w torfie.

W powyższych badaniach tego pośredniego wpływu substancji organicznej obornika i łubinu na rozkład badanego torfu nie stwierdzono. Dane tabeli 5 wskazują na to, że dodatek torfu do obornika i łubinu hamuje szybkość rozkładu obornika i łubinu. Nie przekreśla to jednak samej metody kompostowania torfu z obornikiem czy z łubinem, gdyż w całym procesie rozkładu kompostów torfowo-obornikowego i torfowo-łubinowego należy wziąć pod uwagę zagadnienie składników pokarmowych zarówno w kompostowanym oborniku jak i w łubinie.

Straty azotu w czasie kompostowania obornika i łubinu są duże, jak wskazują nasze badania i badania innych autorów (6, 15).

Przy 4-miesięcznym kompostowaniu obornika otrzymano straty azotu sięgające 40 — 44%, a w łubinie 10%, natomiast w kompostach torfowo-obornikowych straty wynoszą do 10%, zaś w kompostach torfowo-łubinowych strat tych nie stwierdzono.

Wydaje się więc, że główna czynność torfu w kompostowaniu z obornikiem i łubinem polega przede wszystkim na hamowaniu w kompoście zbyt szybkiego rozkładu obornika i łubinu oraz na sorbowaniu produktów rozkładu z materiałów dodanych.

W powyższych badaniach użyto jako jeden z kompostów torf parowany. W kombinacji tej procesy rozkładowe przebiegały również b. intensywnie, w porównaniu do torfu surowego. Przedstawiają to krzywe wydzielania się CO<sub>2</sub>, oraz ilość uruchomionego azotu mineralnego, głównie w formie amonowej. Znaczną ilość azotu mineralnego w torfie parowanym, w porównaniu do torfu surowego, należy uważać za czynnik niezwykle pozytywny, kwalifikujący torf parowany jako cenny nawóz organiczny, co zresztą zostało potwierdzone wynikami doświadczeń wegetacyjnych autora (13) oraz przez Chroboczkę i Maksimowa (2).

Reasumując wyniki badań nad przebiegiem procesów rozkładowych w wymienionych torfach aktywowanych, nasuwają się następujące wnioski:

1. Intensywność rozkładu w masie kompostów uzależniona jest od temperatury, powietrza, przy czym zaobserwowano największy wpływ

temp. 35°C i nieco mniejszy 20°C; w temp. 5°C rozkład w kompostach odbywał się bardzo wolno.

2. Procesy rozkładowe przebiegają najintensywniej w ciągu pierwszych dwóch i częściowo 4-ch tygodni; w tym czasie notuje się ponad 50% CO<sub>2</sub> z ogólnej ilości otrzymanej w całym 16-tygodniowym okresie kompostowania.

3. Równocześnie ze stratami węgla, w czasie rozkładu następuje zwięźnienie stosunku C:N w organicznej masie kompostów.

4. Z przeprowadzonego doświadczenia z kompostowaniem nie wynika, aby dodatek obornika lub łubinu do torfu przyczynił się do przyspieszenia rozkładu masy organicznej torfu.

5. Na podstawie wydzielonego CO<sub>2</sub> i nagromadzenia się azotu mineralnego w czasie kompostowania torfu parowanego, należy sądzić, że parowanie jest korzystnym sposobem aktywizacji torfu dla celów nawozowych.

6. W czasie kompostowania zanotowano duże straty azotu w oborniku i łubinie; straty te znacznie zmniejszyły się w przypadku kompostowania obornika z torfem, lub łubinu z torfem.

7. Stopień rozkładu użytego w badaniach błonnika okazał się dobrym wskaźnikiem intensywności przemian zachodzących w poszczególnych kombinacjach kompostowych.

8. Na podstawie otrzymanych wyników można przypuszczać, że w praktyce rolniczej główna wartość kompostów torfowo-obornikowych lub torfowo-łubinowych polega na tym, iż w zestawieniu powyższym torf jako doskonały sorbent w czasie rozkładu obornika czy łubinu chroni składniki pokarmowe przed ulatnianiem i wypłukaniem. Następnie zastosowany kompost torfowo-obornikowy czy też torfowo-łubinowy rozkłada się w glebie znacznie wolniej niż sam obornik lub sam łubin, a tym samym może zaopatrywać rośliny w składniki pokarmowe w ciągu dłuższego okresu.

### St r e s z c z e n i e

Przeprowadzono 4-miesięczne kompostowanie torfu niskiego (turzykowo-trzcinowego) z obornikiem, łubinem, torfu traktowanego parą wodną, samego torfu surowego oraz samego obornika i łubinu.

Kompostowanie wykonano w temperaturach 5°C, 20°C i 35°C. W tym czasie w okresach 2-tygodniowych oznaczano ilość wydzielanego CO<sub>2</sub> oraz ilość nagromadzonego NH<sub>3</sub> i NO<sub>3</sub>.

W okresach 4-tygodniowych oznaczano rozkład błonnika umieszczonego w poszczególnych kompostach. Wykonano również oznaczenia pH, N-ogólnego, C-ogólnego oraz zawartości rozpuszczalnych w 0,2 n HCl składników pokarmowych (CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O).



Wyniki uzyskane w czasie kompostowania powyższych materiałów organicznych wskazują na to, że procesy rozkładowe przebiegają najintensywniej w kompostowanym łubinie i oborniku, a w pozostałych kombinacjach zachodzą znacznie wolniej. Na procesy rozkładowe duży wpływ wywiera temperatura. Najintensywniejszy rozkład nastąpił w temperaturze 35°C, wolniejszy w temp. 20°C, najslabszy w temp. 5°C. Najintensywniejszy rozkład odbywał się w pierwszych 2 — 4 tygodniach kompostowania i w tym czasie notowano ponad 50% CO<sub>2</sub> z ogólnej ilości otrzymanej w całym 16-tygodniowym okresie kompostowania. Równocześnie ze stratami węgla, w czasie rozkładu następowało zwięźnienie stosunku C : N w organicznej masie kompostów.

Na podstawie wydzielonego CO<sub>2</sub> w czasie kompostowania nie wynika, aby dodatek obornika lub łubinu do torfu, przyczynił się do przyspieszenia rozkładu masy organicznej torfu.

Sądząc z wydzielonego CO<sub>2</sub> i nagromadzenia się azotu mineralnego (przede wszystkim N-NH<sub>3</sub>) w czasie kompostowania torfu parowanego należy podkreślić, że parowanie jest korzystnym sposobem aktywizacji torfu dla celów nawozowych.

W czasie kompostowania zanotowano duże straty azotu w oborniku (40 — 44%) i łubinie (4,2 — 9,8%). Straty te znacznie zmniejszyły się w przypadku kompostowania obornika z torfem oraz łubinu z torfem. Wydaje się więc, że główna wartość torfu w kompoście torfowo-obornikowym lub torfowo-łubinowym polega na jego dużych właściwościach sorpcyjnych w stosunku do składników pokarmowych, a przede wszystkim azotu. Torf w kompoście chroni azot przed stratami i dlatego zwiększa wartość nawozową tego rodzaju kompostów. Ilość składników chemicznych rozpuszczalnych w 0,2 n HCl zwiększyła się wraz ze wzrostem popielności i ubytkiem masy organicznej.

Stopień rozkładu błonnika okazał się dobrym wskaźnikiem szybkości przebiegu procesów rozkładowych.

#### LITERATURA

1. Aerobic Respiration Experiment — Soil Science 560, Michigan State Univers. (oraz Norman and Newman 1951, Soil Science 52).
2. Chroboczek E., Maksimow A. — Wpływ parowania torfów na ich wartość produkcyjną — z rękopisu.
3. Dachnowski — Stokes A. P. — Grades of Peat and Muck for Soil Improvement, US Dep. of Agr. Waszyngton 1933.
4. Davis F. J., Lucas R. E. — Organic soils, Their formation Distribution, Utilization and Manangement, Michigan State University, E. Lasing, 1959.
5. Górski M., Królikowski — Oznaczanie węgla organicznego zmodyfikowaną metodą Knoppa. Roczn. Glebozn. nr 2, 1952.
6. Górski M. — Nawozy i nawożenie. Nawozy organiczne, t. 3, Warszawa, 1956.
7. Hutchinson H. B., Richard E. H. — Artificial farmyard manure, J. Ministry Agr. England 1921—22.



8. Kaila Armi i inni — Influence of temperature upon the mobilization of nitrogen in peat, *J. of the Sci., Agr. Soc. of Finland*, v. 25, 1953.
9. Kuczyńska J. — Oznaczanie wapnia w kwaśnych wyciągach glebowych za pomocą fotometru płomieniowego. *Roczn. Gleb. dodatek do T. VII*, 1958.
10. Kuźniar K. — Badania nad rozkładem błonnika w glebach leśnych. *Kra-ków 1948*.
11. Kwinichidze M., Marcinek J. — Połączenia próchnicze w glebach torfowych zdegradowanych i nieuległych degradacji. *Zeszyty Problem. Postępów Nauk Roln.*, z. 17, 1959.
12. Kwinichidze M. — Zagadnienie próchnicy i degradacji gleb uformowa-nych z torfów niskich. *Zeszyty Problem. Postępów Nauk Roln.* z. 10, 1957.
13. Maciak Fr. Przemiany biochemiczne w torfach aktywizowanych. *Zeszyty Problem. Postęp. Nauk Roln.*, z. 13, 1958.
14. Moisew U. T. — Puti powyszenija płodorodija dernowopodzolistych poczw. *BSSR, Minsk 1954*.
15. Musierowicz A. — O stratach azotu przy rozkładzie roślin motylkowych. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 51, 1949.
16. Pietiersburgski A. — Ćwiczenia z chemii rolnej. *W-wa 1954*.
17. Waksman S. A. — Principles of soil microbiology, London 1927.
18. Waksman S. A., Starkey R. L. — Partial sterilization of soils, micro-biological activities and soil fertility. *Soil Sci*, v. 16, 1923.
19. Waksman S. A., Stevens K. R. — Chemical composition of peat. *Soil Science*, v. 26, 1928.
20. Własiuk P. A., Mazon W. D. — O primienienji azotobaktiera dla obo-gaszczienija kompostow azotom atmosfery. *Agrobiologija*, t. 21, 1956.
21. Żółciński J. — O znacznych stratach przy butwieniu i humifikacji materiałów roślinnych zasobnych w związki azotowe (przeważnie motylkowe). *Cz. I, Roczn. Nauk Roln. i Leśn.*, t. 17, 1927.

Ф. М а ц я к

## ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИСХОДЯЩИЕ В ТОРФЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕГО КОМПСТИ- РОВАНИЯ С ОРГАНИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ В РАЗНЫХ ТЕМПЕРА- ТУРАХ

Кафедра торфоведения Главной школы сельского хозяйства в Варшаве

### Резюме

Было проведено 4-месячное компстирование низкого торфа (осоково-тростникового) со стойловым навозом, люпином, торфа обработанного водяным паром, одного торфяного сырья, а также одного стойлового навоза и люпина.

Компстирование было проведено в температурах 5°C, 20°C и 35°C. В это время, в 2-недельных периодах, определяли количество выделяемого CO<sub>2</sub>, а также степень накапливания NH<sub>3</sub> и NO<sub>3</sub>.

В 4-недельных периодах определяли разложение вносимой в отдельные компосты целлюлозы. Определялась как величина рН, содержание общего азота и общего угля, так как и растворимых в 0,2 н HCl питательных элементов (СаО, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O).

Результаты полученные при компостировании вышеназванных органических материалов указывают на то, что процессы разложения происходят наиболее интенсивно в вариантах с компостированием люпина и стойлового навоза, а в остальных вариантах гораздо медленнее. На процессы разложения сильное влияние оказывает температура. Наиболее интенсивно разложение происходило в температуре 35°C, несколько слабее — в температуре 20°C, а в незначительной степени — в температуре 5°C. Наиболее интенсивное разложение наблюдалось в течение 2—4 недель компостирования — за это время получали свыше 50% общего количества CO<sub>2</sub>, выделяемого в течение 16-недельного периода компостирования. Одновременно с потерями угля во время разложения происходило уменьшение соотношения C : N в органической массе компостов.

На основе выделенного во время компостирования CO<sub>2</sub> не можно установить ускорения темпов разложения органической массы торфа вследствие прибавки к торфу стойлового навоза или люпина.

Судя по количеству выделенного CO<sub>2</sub> и по накоплению минерального азота (в первую очередь N-NH<sub>3</sub>) во время компостирования паренного торфа, следует предполагать, что выпаривание является выгодным способом активизации торфа для удобрительных целей.

Во время компостирования отмечались значительные потери азота в стойловом навозе (40—44%) и люпине (4,2—9,8%). Эти потери значительно сокращались в случае компостирования стойлового навоза и торфа, а также люпина с торфом. Поэтому следует предполагать, что основная ценность торфа в торфяно-навозном или торфяно-люпиновом компосте заключается в его значительных сорбционных свойствах по отношению к питательным элементам, прежде всего к азоту. Торф в компосте защищает азот от потерь, увеличивая удобрительную ценность такого рода компостов. Количество химических элементов, растворимых в 0,2n HCl: увеличивалось с повышением зольности, а убытком органического вещества.

Степень разложения целлюлозы оказалась хорошим показателем быстроты хода процессов разложения.

F. M a c i a k

## DECOMPOSITION PROCESSES IN ACTIVATED PEATS

### S u m m a r y

4-months long trials were carried out on composting low sedge-reed peat mixed with manure, or with lupinus, single peat treated with water steam, as well as of raw peat manure and lupinus.

Composting was carried out in temperatures of 5°, 20° and 35°C. Giving out of CO<sub>2</sub> and accumulation of NH<sub>3</sub> and NO<sub>3</sub> were determined every two weeks.

Each 4 weeks the decomposition of cellulose present in particular composts as well as pH, total N and C and content of nutrients soluble in 0,2 n HCl (CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O) were determined.

Results obtained during the composting period of these organic materials indicate that the most intensive decomposition processes occur in composted manure and lupinus, being much slower in the rest of combinations mentioned. Temperature influences decomposition process. The most intensive decomposition took place in tem-

perature of 35 °C getting slower at 20 °C and being at its slowest in the temperature of 5 °C. During the first 2—4 weeks of compositing the decomposition process was at its most intensive stage. 50% of CO<sub>2</sub> giving out, during 16 weeks long composting was noted in this first period. The C : N ratio in organic matter was getting narrower along with losses of C during the decomposition process. The giving out of CO<sub>2</sub> during composting does not indicate that an addition of manure to the peat causes the acceleration of the organic matter decomposition.

While peat was treated with water steam the giving out of CO<sub>2</sub> and accumulation of mineral nitrogen (mostly N — NH<sub>3</sub>) was noted. It can be stressed therefore that steam treatment is a favourable measure to make peat active for fertilizing purposes.

During composting, high losses of nitrogen in manure (40—44%) and in lupins (4,2—9,8%) were noticed. They decreased considerably while manure and lupinus was komposted with peat. It can be therefore assumed that as the value of peaf in a peat-manure or peat-lupinus compost is concerned it results in its great nutrients sorbtion capacity and especially of nitrogen.

Peat added to composts prevents nitrogen's losses increasing the fertilizing value of such a kind of composts. The number of chemical compounds soluble in 0,2 n HCL increased along with the increase of ashes, while organic matter decreased.

The cellulose decomposition stage appeared to be a good index of decomposition process.