

MARIUSZ FOTYMA I CZESŁAW MAĆKOWIAK  
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

## KIERUNKI STOSOWANIA NAWOZÓW ORGANICZNYCH ORAZ SYSTEM NAWOŻENIA ORGANICZNEGO I MINERALNEGO Z UWZGLĘDNIENIEM ŻYZNOŚCI GLEBY W POLSCE

### Wstęp

Nawozy mineralne zaczęto stosować w Polsce na szerszą skalę w okresie po II wojnie światowej. Do tego czasu plonowanie roślin i utrzymanie żywności gleby opierało się niemal wyłącznie na nawozach organicznych, w tym przede wszystkim na oborniku. W tabeli 1 przedstawiono ilość składników (NPK) wnoszonych średnio na 1 ha użytków rolnych w formie nawozów mineralnych i obornika na koniec okresów 5-letnich.

Tabela 1

### Zużycie nawozów w Polsce

R o k	Kg NPK/1 ha użytków rolnych		
	w nawozach mineralnych	w oborniku <sup>1)</sup>	razem
1950	18,1	55,5	73,6
1955	27,2	59,9	87,1
1960	37,2	65,8	103,0
1965	55,6	71,9	127,5
1970	123,5	76,0	199,5
1975	181,9	86,0	267,9

<sup>1)</sup> średnie zawartości w oborniku 0,50% N, 0,25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,60% K<sub>2</sub>O

Na skutek szybkiego wzrostu zużycia nawozów mineralnych już w drugiej połowie lat sześćdziesiątych ilość składników dostarczanych w obydwu formach uległa wyrównaniu. Od tego okresu w ogólnej ilości dostarczanych do gleby składników zdecydowaną przewagę mają nawozy mineralne. Ilość obornika w przeliczeniu na 1 ha stale się jednak zwiększa w związku ze zwiększaniem się pogłowia zwierząt gospodarskich. Obecnie

i w perspektywie najbliższego dziesięciolecia udział składników wprowadzanych w formie obornika i gnojownicy będzie stanowił w przybliżeniu 1/3 ogólnej ich ilości.

Rozwój koncepcji badawczych postępował z wyprzedzeniem w stosunku do opisanych wyżej zmian w systemie nawożenia w Polsce. W okresie powojennym skoncentrowano badania na porównaniu działania nawozowego obornika i nawozów mineralnych, głównie pod rośliny okopowe. Część doświadczeń prowadzonych w zmianowaniu przekształciła się w badania wieloletnie umożliwiające ocenę wpływu obu form nawozów na plony roślin i żyzność gleb w długim okresie. W następnym okresie prowadzono doświadczenia nad określeniem maksymalnej produktywności roślin w warunkach łącznego nawożenia organiczno-mineralnego. Wreszcie z początkiem lat siedemdziesiątych zapoczątkowano badania nad działaniem nawozowym gnojownicy, która zyskiwała na znaczeniu w związku z rozwojem przemysłowych metod chowu zwierząt.

#### *Porównanie działania nawozowego obornika i nawozów mineralnych w doświadczeniach krótkotrwałych*

W tabeli 2 przedstawiono wyniki doświadczeń nad różnymi sposobami nawożenia roślin, pod które tradycyjnie stosuje się w Polsce obornik. W roku stosowania, nawozy mineralne, zwłaszcza w większej dawce z reguły dorównywały lub przewyższały działanie nawozowe obornika. Największe plony roślin uzyskiwano jednak na nawożeniu łącznym organiczno-mineralnym. Opisane prawidłowości występują najwyraźniej w przypadku ziemniaków, z którymi przeprowadzono największą ilość doświadczeń. Należy podkreślić, że działanie nawozowe obornika było mniej uzależnione od przebiegu warunków pogody. Szczególnie w lata suche obornik działał lepiej od nawozów mineralnych. W związku z tym w obiektach z nawożeniem obornikiem lub nawożeniem łącznym organiczno-mineralnym uzyskiwano większą wierność plonów w latach badań w obrębie tego samego doświadczenia. Ponadto obornik wykazywał wyraźne działanie następce, w drugim a nawet w trzecim i czwartym roku po jego zastosowaniu. Odpowiednie dane przedstawiono w tabeli 3. Działanie następce obornika ujawniło się wyraźnie przy niskim poziomie nawożenia mineralnego, jaki stosowano pod rośliny następujące po nawożonych obornikiem przedplonach.

#### *Porównanie obornika i nawozów mineralnych w doświadczeniach wieloletnich — plony roślin*

Liczba doświadczeń wieloletnich z porównaniem obydwu form nawozów jest w Polsce stosunkowo niewielka, przy czym większość z nich

Tabela 2

## Efekty bezpośrednie obornika i nawozów mineralnych

Nawożenie	Względne plony roślin											
	ziemniaki — bulwy				buraki — korzenie				kukurydza — zielona masa			
	liczba do-świad-czeń	średni plon	prze-dział plonów	liczba do-świad-czeń	średni plon	prze-dział plonów	liczba do-świad-czeń	średni plon	prze-dział plonów			
Bez nawożenia	79	100	—	2	100	—	7	100	—			
Obornik dawka niższa <sup>1)</sup>	70	127	110—167	2	153	143—162	8	119	113—128			
Obornik dawka wyższa <sup>2)</sup>	8	142	115—176		brak kombinacji			brak kombinacji				
NPK dawka niższa <sup>0</sup>	101	131	113—184	2	127	118—142	7	128	113—131			
NPK dawka wyższa <sup>00</sup>	33	137	116—209	2	154	142—184	1	148				
Obornik + NPK	110	139	115—286	2	165	164—169	7	140	139—146			

<sup>1)</sup> — 15—30 t/ha

<sup>2)</sup> — 40 t/ha

<sup>0</sup> — 120—280 kg NPK/ha

<sup>00</sup> — 280—450 kg NPK/ha

prowadzona jest w zmianowaniu, co utrudnia porównanie danych w kolejnych latach.

Tabela 3

## Efekty następne obornika i nawozów mineralnych

Nawożenie	Względne plony żyta			
	w 2 roku		w 4 roku	
	liczba dośw.	średni plon	liczba dośw.	średni plon
Bez nawożenia	32	100	24	100
Obornik dawka niższa <sup>1)</sup>	32	112	24	110
Obornik dawka wyższa <sup>2)</sup>	—	—	—	—
NPK dawka niższa <sup>0</sup>	32	103	24	104
NPK dawka wyższa <sup>00</sup>	32	105	24	100
Obornik + NPK	32	111	24	108

<sup>1)</sup> — 15—30 t/ha

<sup>2)</sup> — 40 t/ha

<sup>0</sup> — 120—280 kg NPK/ha

<sup>00</sup> — 280—450 kg NPK/ha

Tabela 4

Plony roślin w monokulturze zależnie od nawożenia  
(według Mercika dane niepublikowane)

Lata badań	Żyto ziarno t z ha			Ziemniaki bulwy t z ha		
	obornik <sup>1)</sup>	Ca NPK <sup>2)</sup>	NPK <sup>3)</sup>	obornik <sup>0</sup>	Ca NPK <sup>00</sup>	NPK <sup>000</sup>
1923—1930	1,84	2,08	2,10	13,9	14,7	15,7
1931—1940	2,02	2,35	2,23	12,1	13,5	15,3
1941—1950	1,87	1,87	1,64	16,6	10,5	13,3
1951—1960	1,89	1,90	1,66	10,8	7,9	10,0
1961—1970	2,13	2,32	2,20	11,8	10,4	12,0
1971—1975	2,47	2,94	3,04	14,3	16,6	15,1

<sup>1), 0</sup> — 20 t co roku

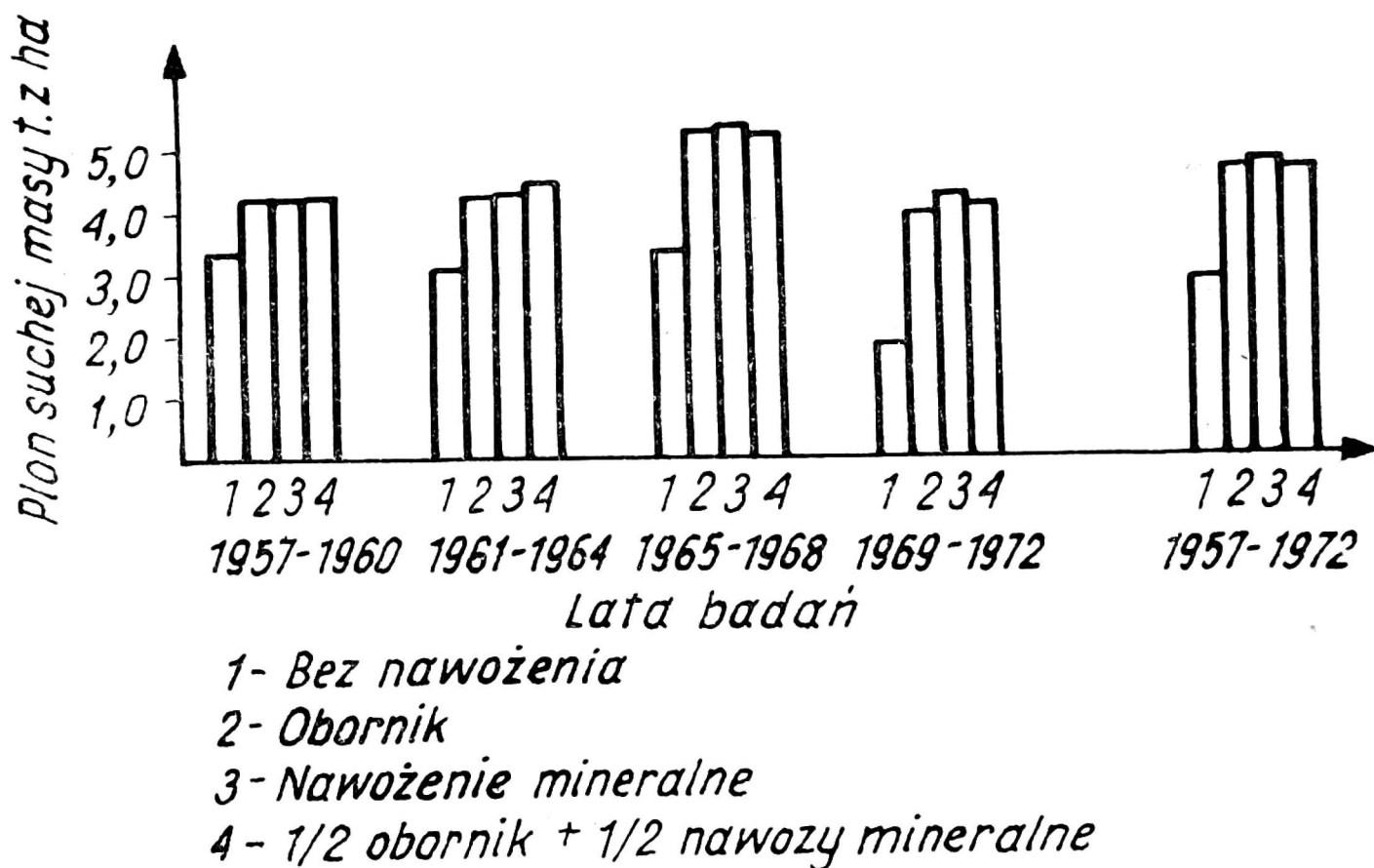
<sup>3)</sup> — 90 kg NPK do 1967 r., 180 kg NPK od 1968 r.

<sup>000</sup> — 200 kg NPK do 1967 r., 180 kg NPK od 1968 r.

<sup>00, 2)</sup> — 1,2 t CaO co roku

W tabeli 4 przedstawiono wyniki doświadczeń prowadzonych od 1923 r. w Skierniewicach na glebie pseudobielicowej o składzie piasku gliniastego lekko podścielanego gliną. Średnie opady roczne wynoszą głównie nieco ponad 500 mm. Plony roślin były ogólnie bardzo małe, co

wyływa głównie z ich uprawy w monokulturze. W plonach żyta przez cały prawie okres badań utrzymuje się przewaga nawożenia mineralnego nad stosowanym corocznie obornikiem. W tym zakresie wyniki omówionego doświadczenia są zgodne z wynikami doświadczeń krótkotrwałych. Plony ziemniaków są natomiast bardziej zróżnicowane. W okresach 1941—1950 i 1951—1960 a częściowo także 1961—1970 były mniejsze na nawożeniu mineralnym niż na oborniku, w pozostałych okresach badań odwrotnie — większe na nawożeniu mineralnym.

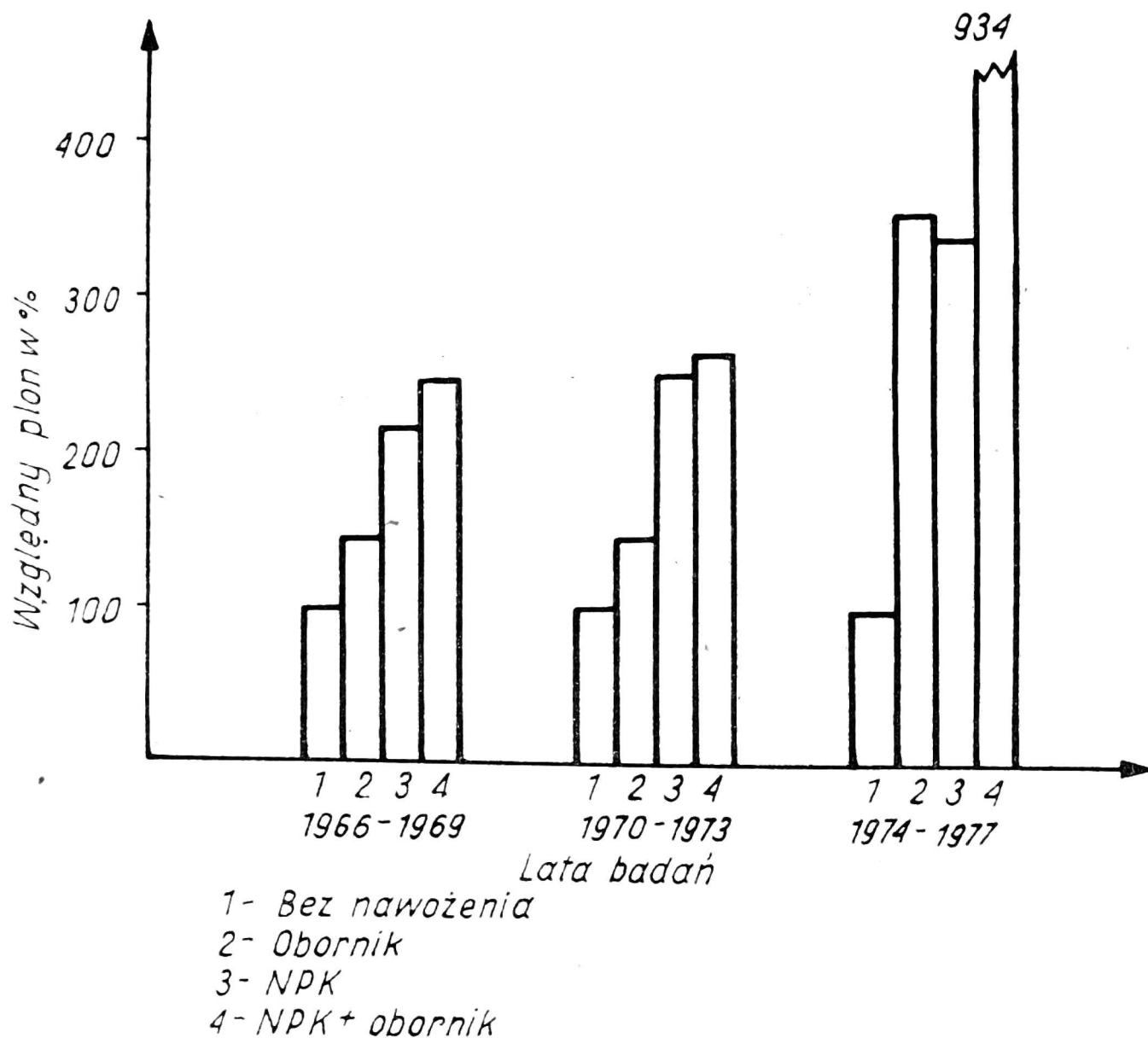


Rys. 1. Plony roślin w zmianowaniu zależne od nawożenia [1].

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki doświadczenia prowadzonego od 1957 r. w Laskowicach k. Wrocławia na glebie pseudobielicowej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, pylistego. Średnie opady roczne wynoszą ok. 570 mm.

Doświadczenie jest prowadzone w zmianowaniu czteropolowym: rośliny okopowe — zboża jare — rośliny motylkowe — zboża ozime, przy czym obornik jest stosowany pod pierwszą z roślin w dawce 40—60 t/ha z przeznaczeniem na 4 lata. Nawozy mineralne stosowane są według ekwiwalentnej do obornika ilości NPK z podziałem pod wszystkie rośliny zgodnie z ich potrzebami nawozowymi. W miarę lat prowadzenia badań stwierdzono powiększanie się różnicy plonów pomiędzy obiektem kontrolnym a wszystkimi obiektami nawozowymi. Przez cały okres sprawoz-

dawczy obejmujący 4 pełne rotacje zmianowania nawozy mineralne działały równorzędnie do stosowanego raz na 4 lata obornika. Nie stwierdzono również istotnych różnic plonów pomiędzy nawożeniem organicznym czy mineralnym, a nawożeniem łącznym organiczno-mineralnym.



Rys. 2. Względne plony roślin zależne od nawożenia (wg Kuszelewskiego — dane nieopublikowane).

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki doświadczenia prowadzonego od 1960 r. (do 1965 jako wyrównawcze) w Łyczynie k. Warszawy na glebie pseudobielicowej o składzie piasku gliniastego lekkiego, podścielonego gliną lekką. Średnie roczne opady wynoszą poniżej 500 mm. Doświadczenie jest prowadzone w zmianowaniu czteropolowym: ziemniaki — jęczmień — rzepak — żyto, przy czym obornik jest stosowany w dawce 25 t/ha pod ziemniaki z przeznaczeniem na 4 lata. Dawka nawozów mineralnych na zmianowanie wynosi 1700 kg NPK z podziałem pod poszczególne rośliny według ich wymagań nawozowych. Ilość składników

wprowadzonych w formie nawozów mineralnych jest zatem przeszło 5-krotnie większa od dostarczonej w formie obornika i z tego względu wyniki dla obydwu rodzajów nawożenia nie są w pełni porównywalne. Głównym celem doświadczenia było jednak określenie działania nawożenia łącznego organiczno-mineralnego w zestawieniu z samym nawożeniem mineralnym.

W okresie I i II rotacji zmianowania uzyskiwano większe plony roślin na nawożeniu mineralnym w porównaniu z uzyskiwanymi na stosowanym co 4 lata oborniku. W III rotacji wielkość plonów dla obydwu sposobów nawożenia uległa wyrównaniu, mimo że w nawozach mineralnych wprowadzono znacznie więcej składników pokarmowych (NPK) dla roślin. Największe plony uzyskiwano zawsze na nawożeniu łącznym organiczno-mineralnym, przy czym w obiekcie tym stwierdzono systematyczne zwiększenie się różnicy plonów w stosunku do kontroli, w miarę upływu lat prowadzenia badań.

### Wskaźniki żyzności gleby

Wieloletnie nawożenie różnymi formami nawozów powodowało duże zmiany właściwości chemicznych gleby, które decydują o jej żyzności. Największym zmianom pod wpływem nawożenia uległ przy tym odczyn gleby i zawartość w niej przyswajalnych form fosforu i potasu. W tabeli 5 przedstawiono opisane wskaźniki żyzności gleby w doświadczeniu prowadzonym w Skierniewicach dla ostatnich lat badań.

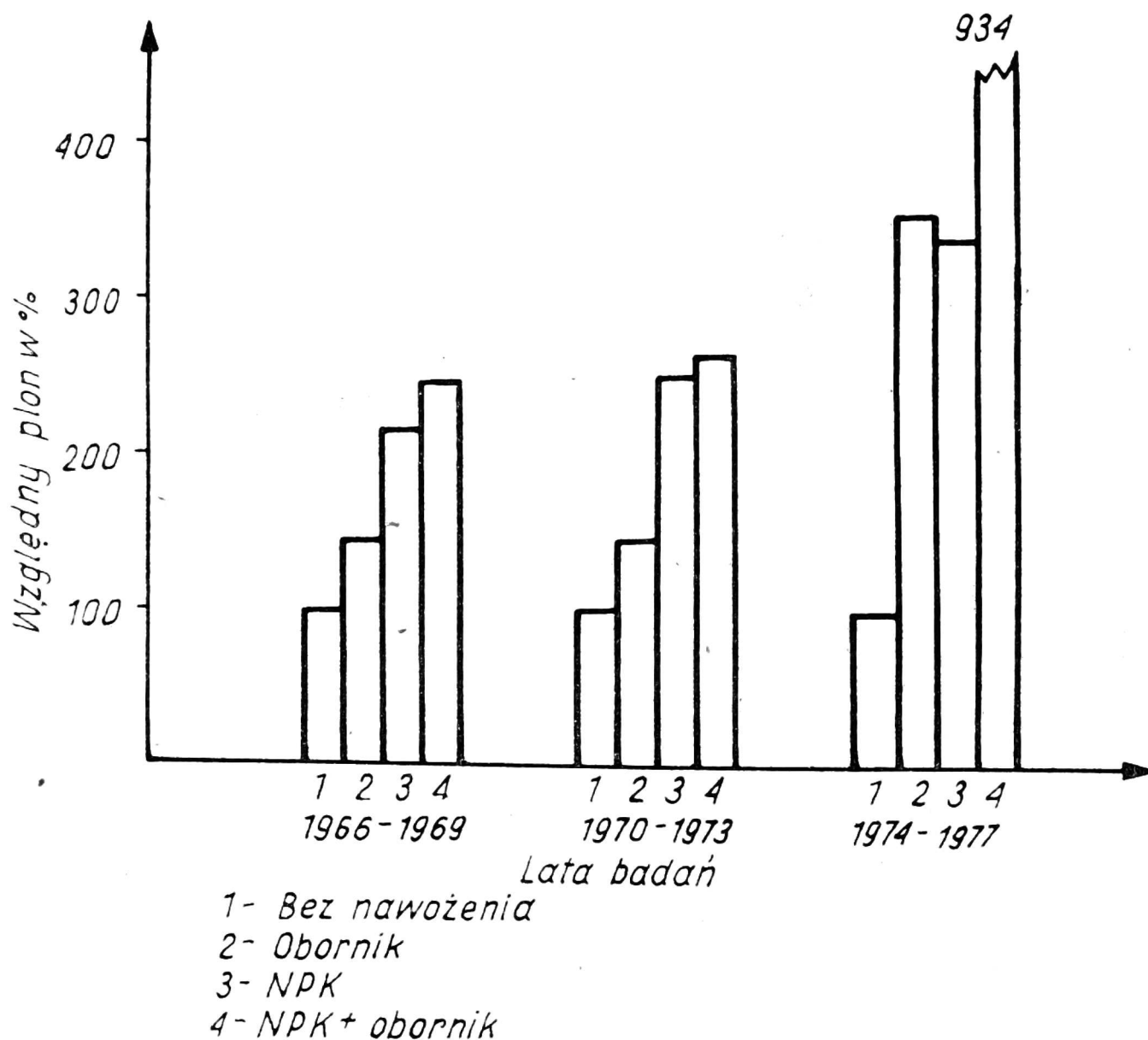
Tabela 5

Wskaźniki gleby po 50 latach badań (1923—1973)  
[5]

Nawożenie	Pole żyta			Pole ziemniaków		
	pH w KCl	mg/100 g gleby wg Egnera		pH w KCl	mg/100 g gleby	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Obornik	6,1	4,9	13,5	5,6	6,1	11,0
Ca NPK	6,3	9,6	7,6	5,7	9,3	7,6
NPK	4,3	6,5	7,1	4,3	7,3	6,0

Po 50 latach badań stwierdzono wyższą zawartość potasu w glebie nawożonej obornikiem i wyższą zawartość fosforu przy wyłącznym stosowaniu nawozów mineralnych. pH gleby wykazywało najmniejszą wartość w obiekcie z nawożeniem mineralnym (NPK) zaś istotnie większą

dawczy obejmujący 4 pełne rotacje zmianowania nawozy mineralne działały równorzędnie do stosowanego raz na 4 lata obornika. Nie stwierdzono również istotnych różnic plonów pomiędzy nawożeniem organicznym czy mineralnym, a nawożeniem łącznym organiczno-mineralnym.



Rys. 2. Względne plony roślin zależne od nawożenia (wg Kuszelewskiego — dane nieopublikowane).

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki doświadczenia prowadzonego od 1960 r. (do 1965 jako wyrównawcze) w Łyczynie k. Warszawy na glebie pseudobielicowej o składzie piasku gliniastego lekkiego, podścielonego gliną lekką. Średnie roczne opady wynoszą poniżej 500 mm. Doświadczenie jest prowadzone w zmianowaniu czteropolowym: ziemniaki — jęczmień — rzepak — żyto, przy czym obornik jest stosowany w dawce 25 t/ha pod ziemniaki z przeznaczeniem na 4 lata. Dawka nawozów mineralnych na zmianowanie wynosi 1700 kg NPK z podziałem pod poszczególne rośliny według ich wymagań nawozowych. Ilość składników



wprowadzonych w formie nawozów mineralnych jest zatem przeszło 5-krotnie większa od dostarczonej w formie obornika i z tego względu wyniki dla obydwu rodzajów nawożenia nie są w pełni porównywalne. Głównym celem doświadczenia było jednak określenie działania nawożenia łącznego organiczno-mineralnego w zestawieniu z samym nawożeniem mineralnym.

W okresie I i II rotacji zmianowania uzyskiwano większe plony roślin na nawożeniu mineralnym w porównaniu z uzyskiwanymi na stosowanym co 4 lata oborniku. W III rotacji wielkość plonów dla obydwu sposobów nawożenia uległa wyrównaniu, mimo że w nawozach mineralnych wprowadzono znacznie więcej składników pokarmowych (NPK) dla roślin. Największe plony uzyskiwano zawsze na nawożeniu łącznym organiczno-mineralnym, przy czym w obiekcie tym stwierdzono systematyczne zwiększenie się różnicy plonów w stosunku do kontroli, w miarę upływu lat prowadzenia badań.

### Wskaźniki żyzności gleby

Wieloletnie nawożenie różnymi formami nawozów powodowało duże zmiany właściwości chemicznych gleby, które decydują o jej żyzności. Największym zmianom pod wpływem nawożenia uległ przy tym odczyn gleby i zawartość w niej przyswajalnych form fosforu i potasu. W tabeli 5 przedstawiono opisane wskaźniki żyzności gleby w doświadczeniu prowadzonym w Skierniewicach dla ostatnich lat badań.

Tabela 5

Wskaźniki gleby po 50 latach badań (1923—1973)

[5]

Nawożenie	Pole żyta			Pole ziemniaków		
	pH w KCl	mg/100 g gleby wg Egnera		pH w KCl	mg/100 g gleby	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Obornik	6,1	4,9	13,5	5,6	6,1	11,0
Ca NPK	6,3	9,6	7,6	5,7	9,3	7,6
NPK	4,3	6,5	7,1	4,3	7,3	6,0

Po 50 latach badań stwierdzono wyższą zawartość potasu w glebie nawożonej obornikiem i wyższą zawartość fosforu przy wyłącznym stosowaniu nawozów mineralnych. pH gleby wykazywało najmniejszą wartość w obiekcie z nawożeniem mineralnym (NPK) zaś istotnie większą

w obiektach z obornikiem oraz nawozami mineralnymi przy równoczesnym stosowaniu wapna (CaNPK). Można zatem stwierdzić, że regularne stosowanie obornika zapobiega zmianie odczynu gleby w równym stopniu jak wapnowanie.

Tabela 6

Wskaźniki żyzności gleby po 16 latach badań (1957—1973)

[1]

Nawożenie	pH w KCl	Mg/100 g gleby wg Egnera		Schachts- chabela
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
Bez nawożenia	5,2	2,0	3,2	1,9
Obornik	5,4	4,5	6,1	2,5
NPK	4,4	5,0	7,2	1,6
Obornik + NPK	5,1	4,0	6,4	1,9

W tabeli 6 przedstawiono niektóre wskaźniki żyzności gleby po 16 latach prowadzenia doświadczenia w Laskowicach k. Wrocławia. Zawartość w glebie przyswajalnego fosforu i potasu była jednakowa w obiektach z obornikiem i nawozami mineralnymi. Wyłączne stosowanie nawożenia mineralnego (NPK) powodowało wyraźny spadek odczynu gleby oraz pogorszenie jej zasobności w przyswajalny magnez.

Należy jednak podkreślić, że poziom nawożenia w tym doświadczeniu był ogólnie zbyt niski, gdyż po 16 latach badań stwierdzono pogorszenie się wszystkich wskaźników żyzności gleby w stosunku do stanu wyjściowego.

Tabela 7

Wskaźniki żyzności gleby po 13 latach (1960—1973)

[4]

Nawożenie	Pole pszenicy		Pole owsa	
	mg/100 g gleby wg Egnera		mg/100 g gleby wg Egnera	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bez nawożenia	7,8	4,5	6,5	7,2
Obornik	16,7	21,1	15,8	21,8
NPK	13,7	8,0	14,2	8,1
1/2 obornik + 1/2 NPK	16,7	15,1	15,6	11,3

W tabeli 7 przedstawiono wpływ 13-letniego nawożenia na zawartość fosforu i potasu w glebie doświadczenia prowadzonego w Chylicach k. Warszawy. Doświadczenie jest zlokalizowane na glebie typu czarnej ziemi wytworzonej z gliny średniej podścielonej piaskiem luźnym. Średnie opady roczne w tym rejonie Polski wynoszą nieco ponad 500 mm. obornik jest stosowany corocznie w dawce 30 t/ha pod rośliny w zmianowaniu trójpolowym: okopowe — zboża jare — zboża ozime lub też pod uprawiane w monokulturach pszenicę i owies. Dawka nawozów mineralnych wynosi 260 kg NPK w stosunku corocznym.

Podobnie jak w doświadczeniu prowadzonym w Skierniewicach, gleba w obiektach z obornikiem zawierała więcej potasu od stwierdzonej w obiekcie z nawożeniem mineralnym. Obydwie formy nawożenia, jak również nawożenie łączne organiczno-mineralne wpływały podobnie na zawartość w glebie przyswajalnego fosforu.

Należy podkreślić, że ilość składników wprowadzona w formie obornika była o ok. 25% większa od dostarczonej w nawozach mineralnych. Obok składników mineralnych, obornik stanowi źródło substancji organicznej. W tabeli 8 przedstawiono zróżnicowanie zawartości węgla oraz azotu ogólnego w glebach różnie nawożonych przez długie okresy czasu.

W glebie pól regularnie nawożonych obornikiem stwierdzono z reguły większą zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego w porównaniu z nawożeniem mineralnym. Należy jednak podkreślić, że stosowane corocznie nawozy mineralne nie powodowały obniżenia zawartości substancji organicznej w glebie, a niekiedy wystąpiło niewielkie zwiększenie jej zawartości w porównaniu z obiektem kontrolnym. Podobnie jak w przypadku innych wskaźników żyzności gleby łączne nawożenie organiczno-mineralne powodowało w zasadzie równorzędny do samego obornika przyrost zawartości węgla organicznego w glebie.

### *Współdziałanie nawozów mineralnych i obornika*

Z przedstawionych doświadczeń wynika, że najkorzystniejszy wpływ na plony roślin oraz wskaźniki żyzności gleby miało z reguły nawożenie łączne organiczno-mineralne. W miarę wzrostu ilości nawozów mineralnych w Polsce interesujące było określenie maksymalnej produktywności roślin w systemie nawożenia łącznego. W tym celu prowadzono kilka doświadczeń ze wzrastającymi dawkami nawozów mineralnych (NPK) stosowanych na tle obornika lub bez obornika.

Doświadczenia były zlokalizowane na glebach pseudobielicowych lub brunatnych kwaśnych wytworzonych z piasku słabo gliniastego lub piasku gliniastego lekkiego. Średnio roczne opady w punktach doświadczal-

Tabela 8

## Zawartość związków organicznych zależnie od nawożenia

Nawożenie	C org. w %				N og. w %
	Skierniewice po 50 latach	Łęczyn po 16 latach	Laskowice po 16 latach	Chylice po 13 latach	Chylice po 13 latach
Bez nawożenia	—	0,45	0,64	0,80	0,082
Obornik	1,33	0,48	0,75	1,05	0,093
Ca NPK	1,06	0,58	—	—	—
NPK	1,03	0,48	0,71	0,84	0,084
Obornik + NPK	—	0,64	0,75	0,99	0,087

nych wynosiły od 500 do 550 mm. W doświadczeniach występowało z reguły zmianowanie trójpolowe: rośliny okopowe — zboża jare — zboża ozime, przy czym obornik stosowano pod pierwszą roślinę zmianowania w dawce ok. 30 t/ha. Wyniki doświadczeń przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9

## Efektywność nawożenia w zmianowaniu trójpolowym

Dawki nawozów mineralnych	Plony roślin w t z ha					
	ziemniaki <sup>2</sup> 19 dośw.		owies <sup>3</sup> 13 dośw.		żyto <sup>3</sup> 10 dośw.	
	bez obornika	na oborniku	bez obornika	na oborniku	bez obornika	na oborniku
0	17,9	21,7	2,59	2,68	2,65	2,71
1 <sup>1)</sup>	21,8	24,6	2,96	3,00	3,09	3,20
2	23,1	24,8	2,94	2,97	3,21	3,18
3	23,6	25,0	2,73	2,70	3,03	3,16
4	25,8	26,3	2,51	2,59	2,74	2,83

1) 430 kg NPK/ha na zmianowanie

2) Według Maćkowiaka (dane nieopublikowane) oraz Kuszelewskiego i Żurawskiej (1966)

3) Według Maćkowiaka (dane nieopublikowane)

Efekt działania obornika uległ zmniejszeniu w miarę stosowania wzrastających dawek nawozów mineralnych, a więc współdziałanie obydwu form nawożenia było ujemne, tym niemniej z reguły większe plony uzyskiwano na nawożeniu łącznym organiczno-mineralnym w porównaniu z optymalnymi dawkami samych nawozów mineralnych. Nie zmieniając zatem generalnie kształtu krzywej reakcji na nawożenie mineralne, obornik pozwala jednak na podniesienie ogólnego poziomu plonów. Przy sto-

sowaniu dużych dawek nawozów szczególnego znaczenia nabiera równowaga składników pokarmowych w glebie, a następnie w roślinie. Obornik stanowiąc nawóz „pełny” pozwala na automatyczne niejako korygowanie tej równowagi w kierunku korzystnym dla roślin.

Tabela 10

Względne plony roślin zależnie od sposobu nawożenia  
(według Kuszelewskiego <sup>1)</sup>)

Nawożenie mineralne	Lata od założenia doświadczenia					
	1—4		5—8		9—12	
	bez obornika	na oborniku	bez obornika	na oborniku	bez obornika	na oborniku
NPKCa	216	245	296	378	907	1061
PKCa	134	189	173	180	585	787
NKCa	203	235	235	288	716	818
NPCa	191	221	230	249	414	698
NPK	216	244	272	312	316	934
Bez nawożenia	100	147	100	163	100	354

<sup>1)</sup> Dane nieopublikowane

W tabeli 10 przedstawiono wyniki doświadczeń prowadzonych w Łyczynie k. Warszawy nad skutkami pomijania niektórych makroskładników przy wyłącznym nawożeniu mineralnym oraz na tle obornika.

Efekt działania obornika ulegał zwiększaniu w miarę lat prowadzenia badań. W obiekcie z pełnym nawożeniem mineralnym (NPKCa) obornik zwiększał plony roślin tylko w niewielkim stopniu. W obiektach z niepełnym nawożeniem efekt obornika był bardzo znaczny i dla przykładu w III rotacji zmianowania dla nawożenia NPK obornik powodował niemal 3-krotne zwiększenie plonów roślin.

W tabeli 11 przedstawiono wyniki badań nad kompleksem sorpcyjnym gleby po 16 latach stosowania zróżnicowanego nawożenia. Jak wynika z przedstawionych danych obornik najskuteczniej podziałał na zmianę odczynu gleby oraz stanowił lepsze źródło potasu niż azotu i fosforu dla roślin. Nawożenie niepełne prowadziło do znacznych zmian stopnia wysycenia i stosunku jonów w kompleksie sorpcyjnym gleby. Dla przykładu pominięcie wapnowania powodowało znaczne zmniejszenie wysycenia kompleksu zasadami oraz spadek procentowego udziału kationów magnezu. Podobnie jak w przypadku roślin, obornik zapobiegał w znacznym stopniu ujemnym skutkom jednostronnego nawożenia z punktu widzenia wskaźników żyzności gleby. W obiektach z obornikiem znacznie łatwiejsze było doprowadzenie gleby do „idealnego” stanu obsady kompleksu sorpcyjnego kationami. Przy pełnym nawożeniu mineralnym (NPKCa)

Skład kompleksu sorpcyjnego gleby zależnie od nawożenia  
(według Kuszelewskiego <sup>1)</sup>)

Nawo- żenie mine- ralne	Nawożenie obornikiem	Kationy wymienne w m e/100 g gleby					% wy- syce- nia zasa- dami	pH
		K	Ca	Mg	suma	Hh		
NPKCa	bez obornika	0,34	4,37	0,60	5,31	1,30	80,3	6,30
	z obornikiem	0,49	5,75	0,90	7,14	1,48	82,8	6,00
PKCa	bez obornika	0,45	3,00	0,60	4,05	1,36	74,9	6,10
	z obornikiem	0,45	5,50	1,18	7,13	1,48	82,8	6,10
NKCa	bez obornika	0,50	5,12	1,65	7,27	1,52	82,7	5,75
	z obornikiem	0,55	3,50	1,14	5,19	1,59	76,5	5,60
NPCa	bez obornika	0,28	4,50	1,49	6,27	1,33	82,5	6,90
	z obornikiem	0,39	4,75	0,97	6,11	1,48	80,5	6,10
NPK	bez obornika	0,20	1,75	0,31	2,26	3,61	38,5	3,50
	z obornikiem	0,65	3,25	0,81	4,71	3,49	57,4	4,60
Bez nawożenia	bez obornika	0,34	3,50	1,90	4,85	2,95	62,2	3,95
	z obornikiem	0,47	4,07	1,28	5,82	3,09	65,3	4,40

<sup>1)</sup> Dane nieopublikowane

i jednoczesnym stosowaniu obornika stwierdzono również ogólny wzrost pojemności kompleksu sorpcyjnego, co wynikało ze zwiększenia zawartości substancji organicznej w glebie. Przy dalszym wzroście poziomu nawożenia, dużego znaczenia nabierają inne składniki znajdujące się w oborniku, np.: Mg, mikroelementy, które są pobierane z gleby ze zwiększającymi plonami roślin lub też „zanikają” w niej na skutek antagonizmów jonów. Składniki te mogą być teoretycznie dostarczone w formie mineralnej ale diagnostyka potrzeb nawozowych jest trudna i wymaga bardzo dużych umiejętności ze strony rolnika. W tych warunkach nawozy organiczne stanowią skuteczne zabezpieczenie przed wszelkimi zakłóceniami w równowadze mineralnego odżywiania roślin.

### Aktualny system nawożenia w Polsce

Ugruntowany historycznie system nawożenia w Polsce opiera się na równoczesnym stosowaniu obornika i nawozów mineralnych. Obornik stosuje się co 3—4 lata w dawkach 25—40 ton/ha z reguły pod rośliny okopowe, tzn. ziemniaki i buraki stanowiące łącznie niemal 25% w strukturze zasiewów. W systemie doradztwa nawozowego (z wykorzystaniem maszyny elektronicznej) dawki i częstotliwość stosowania obornika trak-

towane są jako informacje wejściowe dostarczone przez korzystającego z porady rolnika.

Doradztwo nawozowe w odniesieniu do azotu opiera się o funkcje produkcji (efektywność nawożenia) wyznaczone na podstawie doświadczeń. Doświadczenia z azotem mineralnym były prowadzone na tle przyjętego systemu stosowania obornika. W związku z tym działanie bezpośrednie i następcze azotu zawartego w oborniku jest niejako automatycznie uwzględnione w przebiegu funkcji produkcji.

Doradztwo nawozowe w odniesieniu do fosforu i potasu opiera się o bilans tych składników w glebie i roślinach. Ilości obydwu składników dostarczone w przeciągu zmianowania w formie obornika są traktowane jako element bilansu zmniejszając odpowiednio zapotrzebowanie na fosfor i potas mineralny.

Dawki nawozów wapniowych w doradztwie wynikają z różnicy aktualnego i uznanego za optymalny dla danej grupy roślin odczynu gleby. Badania odczynu prowadzone są regularnie co 4—5 lat, a więc w odstępach odpowiadających czasokresowi stosowania obornika. Działanie odkwaszające obornika jest zatem określane w kolejnej rotacji badań odczynu gleby i automatycznie uwzględniane przy naliczaniu dawki nawozów wapniowych.

Nawożenie mikroelementami nie jest obecnie w Polsce stosowane na znaczącą skalę i nie stanowi przedmiotu masowego doradztwa nawozowego. W tych warunkach jedynym praktycznie źródłem mikroelementów pozostaje obornik.

### *Gnojowica w systemie nawożenia*

W latach siedemdziesiątych zaczęły się w Polsce pojawiać fermy bezściołowe i związany z nimi nawóz płynny — gnojowica. Obecnie udział gnojowicy w ogólnym zużyciu nawozów organicznych szacuje się na kilka procent z wyraźną jednak tendencją wzrostu. W związku z tym, od kilku lat prowadzone są badania wartości nawozowej gnojowicy skoncentrowane głównie na wyznaczeniu równoważników nawozowych zawartego w niej azotu oraz określenia maksymalnego dopuszczalnego obciążenia gleby tym nawozem. Uboczny wątek zainteresowania stanowi porównanie gnojownicy i obornika głównie z punktu widzenia wpływu obu form nawozów na substancję organiczną i przemiany azotu w glebie. Badania nad równoważnikami azotowymi gnojowicy są w toku i niżej na kilku przykładach podano sposób ich wyznaczania. Gnojowica i nawozy mineralne stosowane są w tych doświadczeniach w kilku równoważnych dawkach w przeliczeniu na azot całkowity. Gnojowica sto-

sowana jest przy tym w terminie jesiennym i wiosennym, gdyż postępowanie takie jest w praktyce konieczne z uwagi na ograniczoną pojemność zbiorników w fermach. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 12 — wiosenny termin stosowania gnojowicy jest z reguły lepszy od terminu jesiennego, a nawet w przypadku roślin ozimych, które nawożone są wówczas pogłównie.

Tabela 12

Wyznaczenie równoważników azotowych gnojowicy  
(według Maćkowiaka<sup>2)</sup>)

Roślina	Sposób nawożenia	Plony roślin w t z ha dla dawki N <sup>2)</sup>						
		0	1	2	3	4	5	6
Ziemniaki	nawozy mineralne		21,1	23,1 <sup>3)</sup>	22,1	22,2	—	—
	gnojowica jesienią	17,4	16,6	20,4	21,5	22,0	21,7	21,1
	gnojowica wiosną		26,6	29,7	31,6 <sup>3)</sup>	29,7	28,7	28,3
Rzepak	nawozy mineralne		2,48	2,72	2,96 <sup>3)</sup>	2,95	—	—
	gnojowica jesienią	1,78	1,99	2,21	2,57	2,59	2,61	2,73 <sup>3)</sup>
	gnojowica wiosną		2,26	2,49	2,63	2,83	2,89 <sup>3)</sup>	2,67
Pszenica ozima	nawozy mineralne		5,11	5,43	5,65 <sup>3)</sup>	5,26	—	—
	gnojowica jesienią	3,96	4,04	4,70	4,81	5,08	5,19 <sup>3)</sup>	5,15
	gnojowica wiosną		3,99	4,79	4,95	5,35 <sup>3)</sup>	5,13	5,09

1) — Dane nieopublikowane

2) — Dawki N: 1 = 60 kg/ha N pod ziemniaki, 80 — pod rzepak, 50 — pod pszenicę ozimą. Dawki oznaczone cyframi 2, 3, 4, 5, 6 są wielokrotnością dawki oznaczonej cyfrą 1.

3) — Optymalna dawka azotu

Oszacowany w oparciu o wartości rzeczywiste (a nie z rachunku regresji) równoważnik azotu gnojowicy wynosi np.:

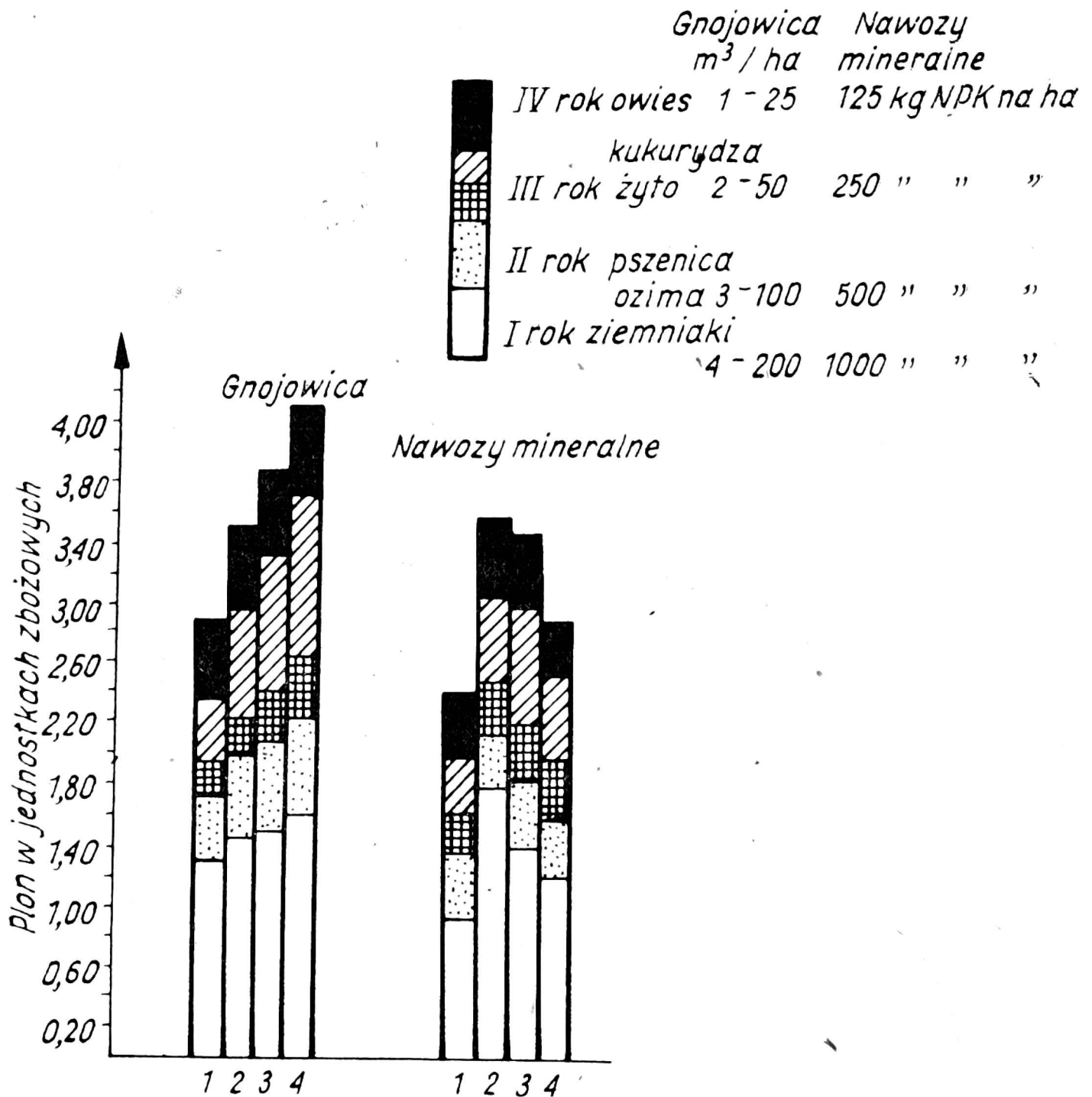
dla ziemniaków	przy jesiennym terminie stosowania	4:2=50%
	przy terminie wiosennym	3:2=ok. 70%
dla rzepaku	przy jesiennym terminie stosowania	6:3=50%
	przy terminie wiosennym	5:3=60%
dla pszenicy	przy jesiennym terminie stosowania	5:3=60%
	przy terminie wiosennym	4:3=75%

W przyszłości zamierza się wyznaczyć podobne równoważniki dla ważniejszych roślin uprawianych oraz różnych warunków glebowych i klimatycznych.

W wypowiedziach praktyków spotyka się obawy przed skutkami corocznego stosowania wysokich dawek gnojowicy. W związku z tym pro-



wadzone są doświadczenia mikroplotkowe i łanowe, w których porównuje się efekt regularnego stosowania wzrastających dawek gnojowicy, oraz dawek nawozów mineralnych. Na rysunku 3 przedstawiono wyniki pierwszej czteroletniej rotacji badań mikroplotkowych. Stosowano gnojowicę bydlęcą o zawartości 10% s.m. oraz 0,4% N ogólnego.



Rys. 3. Porównanie działania gnojowicy i nawozów mineralnych [wg Maćkowiak, Lipshe 1976].

Plony roślin na gnojowicy były przeciętnie większe od uzyskanych na nawozach mineralnych. Stwierdzono przy tym zwiększenie plonów do najwyższej badanej dawki gnojowicy 200 m<sup>3</sup>/ha/rok, podczas gdy optimum dawki nawozów mineralnych wynosiło 250 kg NPK/ha/rok. Dalsza intensyfikacja nawożenia mineralnego prowadziła do spadku plo-

Tabela 13

Wskaźniki żyzności gleby zależnie od nawożenia (po 4 latach)  
[8]

Rodzaj i dawka nawozów	Zawartość składników w mg/100 g gleby na głębokość cm																
	pH			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			MgO							
	—25	—50	—75	—100	—25	—50	—75	—100	—25	—50	—75	—100					
Gnojowica	25	6,2	5,7	6,0	7,1	5,6	4,0	4,7	5,5	6,9	4,0	4,8	5,4	3,5	3,7	6,0	9,7
m <sup>3</sup> /ha	50	5,8	5,5	6,3	7,3	6,8	4,4	5,6	5,4	9,4	5,7	5,4	5,6	3,8	3,5	4,9	9,4
	100	6,3	6,3	6,3	7,1	12,3	5,1	6,5	4,8	15,7	11,3	9,9	5,6	5,6	4,6	6,0	9,4
	200	6,4	6,2	6,4	7,3	25,8	6,5	8,5	6,2	26,1	32,0	25,7	7,4	7,2	6,5	6,9	9,3
NPK	—	5,5	5,5	6,7	7,0	5,2	3,7	6,3	6,3	5,4	3,4	4,5	5,4	2,5	3,5	6,0	9,7
kg/ha	—	5,0	5,1	6,4	7,0	5,7	3,7	5,7	6,2	5,7	6,1	5,4	5,8	2,5	3,7	4,8	10,0
	—	4,7	5,2	6,4	7,1	6,5	4,4	6,0	6,3	7,3	4,2	4,5	6,3	1,7	3,7	3,5	9,5
	—	4,3	5,3	6,6	7,1	10,3	4,2	6,6	6,8	12,2	9,2	7,6	5,8	1,2	3,5	3,8	8,7

nów roślin. Gnojowica powodowała znaczne i korzystne dla roślin zmiany wskaźników żyzności gleby co wynika z danych zamieszczonych w tabeli 13.

W stosunku do nawożenia mineralnego na szczególne podkreślenie zasługuje stabilizacja odczynu gleby oraz systematyczna poprawa jej zasobności w magnez przy regularnym nawożeniu gnojowicą. Pewien niepokój może budzić przemieszczanie się fosforu i potasu w głąb profilu gleby przy stosowaniu wysokich dawek gnojowicy. Należy jednak podkreślić, że stosowana corocznie dawka 200 m<sup>3</sup> gnojowicy odpowiada obsadzie ok. 10 sztuk dużych inwentarza na 1 ha użytków rolnych, co bardzo znacznie przekracza możliwość zaopatrzenia w paszę z tego areału. Przy rolniczym wykorzystaniu gnojowicy i racjonalnym żywieniu zwierząt w oparciu o pasze własne maksymalna obsada inwentarza nie powinna przekraczać 2—3 sztuk dużych na 1 ha użytków rolnych. Stosowane wówczas dawki gnojowicy 40—60 m<sup>3</sup> ha na rok nie stanowią w świetle dotychczasowych badań żadnego zagrożenia dla środowiska neutralnego.

Mimo że gnojowica i obornik stanowią różne rodzaje nawozów i stosowane są według odmiennych zasad, ponawiają się pytania o porównanie ich wartości nawozowej.

Tabela 14

Porównanie działania nawozowego gnojowicy bydlęcej i obornika  
[9]

Sposób nawożenia	Suma plonów roślin w tys. jedn. ows.	% w glebie		Mg/100 g gleby		
		N og.	C org.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
Bez nawożenia	24,4	0,070	0,964	6,4	5,3	5,6
NPK	22,7	0,080	1,042	-0,0	15,7	5,2
Obornik	26,7	0,081	1,102	9,1	7,2	6,2
Gnojowica 1)	27,7	0,072	1,050	6,9	12,1	5,8
Gnojowica 2)	26,3	0,078	1,050	8,3	18,2	5,7

1) według zawartości N og. w oborniku

2) według zawartości C org. w oborniku

W tabeli 14 przedstawiamy wyniki doświadczenia wieloletniego, w którym stosowano gnojowicę i obornik według równoważnej ilości azotu ogólnego lub węgla organicznego. Jako obiekt kontrolny przyjęto nawożenie mineralne w dawce 380 kg NPK na rok. Gnojowica, niezależnie od sposobu ustalania jej dawki działa podobnie do obornika na plony roślin i powodowała podobne zmiany własności chemicznych gleby.

## *System nawożenia w gospodarstwach stosujących gnojowicę*

Gospodarstwa posiadające fermy przemysłowe stosują dużą ilość składników w formie gnojowicy, co umożliwia ograniczenie dawek nawozów mineralnych. Dla przykładu ferma opasu bydła o obsadzie 2790 sztuk fizycznych produkuje rocznie ok. 30 tys. m<sup>3</sup> gnojowicy. W tej ilości gnojowicy znajduje się ok. 120 t N, 60 t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 120 t K<sub>2</sub>O, 60 t CaO i 12 t MgO. Przyjmując średnie dawki nawozów ilość składników wystarcza na obszar ok. 750 ha. Przy maksymalnej zalecanej obsadzie zwierząt 3 sztuki duże na 1 ha ferma ta nie musi kupować nawozów mineralnych. System doradztwa w odniesieniu do tych gospodarstw będzie przewidywał zalecanie zarówno dawek i miejsca lokalizacji gnojowicy, jak i dawek nawozów mineralnych. Pierwsze z wymienionych zadań będzie rozwiązane w oparciu o znajomość obsady zwierząt (i globalnej produkcji gnojowicy) pojemności zbiorników na ten nawóz, oraz struktury użytkowania gruntów. Po rozdysponowaniu gnojowicy ustalone będą dawki nawozów azotowych z wykorzystaniem równoważników nawozowych dla tego składnika. Uzupełniające nawożenie fosforem i potasem wynikać będzie ze zbilansowania ilości tych składników z potrzebami pokarmowymi roślin oraz stanem zasobności gleby w przyswajalne formy P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O. Uruchomienie wersji doradztwa nawozowego z wykorzystaniem maszyny elektronicznej przewiduje się w odniesieniu do gospodarstw stosujących gnojowicę ok. 1980 roku.

### *Wnioski*

1. Nawozy organiczne pochodzenia zwierzęcego powinny być całkowicie wykorzystywane w obrębie gospodarstwa, w którym zostały wyprodukowane.

2. Długotrwałe gospodarowanie bez nawozów organicznych jest wprawdzie możliwe ale wymaga stosowania w pełni zrównoważonego nawożenia mineralnego, co jest trudne do wykorzystania. W praktyce przy tym sposobie gospodarowania nie wykorzystuje się maksymalnej produktywności ziemi.

3. Gnojowica jest równorzędnym do obornika nawozem organicznym, ale powinna być stosowana według zasad zbliżonych do nawożenia mineralnego

4. Przy uzasadnionej przyrodniczo obsadzie zwierząt i racjonalnym stosowaniu gnojowica nie stanowi żadnego zagrożenia dla środowiska naturalnego.

5. Dla uzyskania maksymalnej produktywności ziemi konieczne jest stosowanie nawożenia łącznego organiczno-mineralnego w oparciu o zasady wynikające z naukowego doradztwa nawozowego.

## LITERATURA

1. Boratyński K., Adamus M., Hendrysiak J., Kowalińska I., Kozłowska H.: Wpływ nawożenia mineralnego i organicznego na plony roślin i właściwości gleby lekkiej w długoletnim doświadczeniu w Laskowicach Oławskich. *Pamiętnik Puławski* 1976 z. 66 s. 119—129.
2. Czuba R.: Badania nad nawożeniem w płodozmianie. Cz. I. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na wysokość plonów. *Roczniki Nauk Rolniczych* t. 94: 1967 z. 1. s. 1—11.
3. Fotyma M., Ładomirski A.: Nawożenie organiczne i mineralne ziemniaków w płodozmianie. *Ziemniak* 1969 s. 45—66.
4. Gawrońska A.: Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na niektóre chemiczne właściwości gleby. Materiały na sympozjum nt. Skutki wieloletniego stosowania nawozów. Cz. II. Puławy 1976 IUNG s. 35—40.
5. Goralski J., Mercik St., Gutyska G.: Trwałe doświadczenia nawozowe w Skierniewicach. *Rocz. Nauk roln.* 1978 Ser. A t. 103 z. 2 s. 111—130.
6. Kuszelewski L.: Wpływ trwałego zróżnicowanego nawożenia na niektóre właściwości chemiczne gleby. Materiały nieopublikowane.
7. Kuszelewski L., Żurawska A.: Działanie i wykorzystanie wysokich dawek nawozów mineralnych na glebach bielcowych lekkich. Cz. II. Działanie obornika na tle wzrastających dawek nawozów mineralnych. *Rocz. Nauk Rol.*, 1966 ser. A, t. 90, nr 4.
8. Maćkowiak Cz., Lipska E.: Działanie nawozowe zróżnicowanych dawek gnojowicy i nawozów mineralnych w czteroletniej rotacji zmianowania na mikropoletkach. Stan i kierunki badań nad wykorzystaniem gnojowicy do celów nawozowych. Materiały na sympozjum naukowe Olsztyń 1977 s. 35—40.
9. Mazur T., Ciećko Z., Koc J., Fiołna T.: Wpływ nawożenia gnojowicą na wysokość i jakość plonu roślin oraz właściwości gleb. Materiały na sympozjum naukowe nt. Skutki wieloletniego stosowania nawozów. Cz. II. Puławy IUNG 1976 s. 77—84.
10. Mazur T., Ciećko Z.: Wpływ nawożenia obornikiem i nawozami mineralnymi na plon ziemniaków odmiany Flisak. *Zeszyty Naukowe ART w Olsztynie. Rolnictwo* nr 7, 1974. s. 112—120.
11. Mercik St.: Wyniki wieloletnich klasycznych doświadczeń nawozowych prowadzonych na polu doświadczalnym SGGW-AR w Skierniewicach nieprzerwanie

od 1923 r. Plony uprawianych w monokulturze żyta i ziemniaków zależnie od nawożenia obornikiem lub nawozami mineralnymi (dane nieopublikowane).

12. Wyniki badań przeprowadzonych w Polsce nad nawozami organicznymi w latach 1945—1970. Praca zbiorowa, Puławy IUNG 1972 s. 274.