

Czesław Maćkowiak

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Stan badań nad efektywnością nawożenia organicznego kukurydzy*

Słowa kluczowe: kukurydza, gnojowica bydlęca, gnojowica trzody chlewnej, efektywność rolnicza, efektywność fizjologiczna, równoważnik nawozowy, azot działający

Kukurydza z reguły uprawiana jest w dalszych latach po nawożeniu obornikiem. Stąd w literaturze naukowej mało jest danych na temat nawożenia organicznego tej rośliny. Można tu powołać się jedynie na wyniki kilku doświadczeń przeprowadzonych w latach powojennych w IUNG, których syntezę opracowała Jeśmanowicz [5, 16] oraz wyniki 3-letniego doświadczenia przeprowadzonego przez Bendera [16]. W doświadczeniach IUNG obornik stosowany w dawkach 25,0–30,0 t/ha powodował istotną wyżkę plonu zielonej masy kukurydzy. Żyżka ta wynosiła 2,9–5,4 t/ha i była, jak podaje autorka, niezależna od nawożenia mineralnego. Nie stwierdzono współdziałania między nawożeniem mineralnym i organicznym. Obie formy nawozów działały niezależnie od siebie, a efekt ich działania sumował się.

Bender [16] w 3-letnim doświadczeniu z kukurydzą uprawianą na ziarno, pod którą stosowano zróżnicowane dawki obornika (15, 30 i 40 t/ha) i 3 poziomy nawożenia N (0, 30 i 60 kg/ha), nie stwierdził żadnego działania obornika na plon ziarna kukurydzy, nawet przy stosowaniu największej dawki. Na tej podstawie autor dochodzi do wniosku, że na glebach zasobnych w składniki pokarmowe nawożenie organiczne kukurydzy można zastąpić w całości nawożeniem mineralnym.

Nawożeniem organicznym kukurydzy na szerszą skalę zaczęto się interesować dopiero pod koniec lat siedemdziesiątych obecnego stulecia w związku z rozwojem przemysłowych metod chowu zwierząt w systemie bezściółowym i produkcją gnojowicy. W Polsce do tego czasu gnojowica była mało znanym nawozem. Nie dyspono-

* Referat wygłoszony na konferencji Komitetu Uprawy Roślin PAN na temat „Problemy badawcze i produkcyjne uprawy i wykorzystania kukurydzy w Polsce”. Poznań, 20–21 listopada 1997 r.

wano żadnymi danymi na temat reakcji na nawożenie gnojowicą roślin uprawy polowej. Wstępne zalecenia opracowano na podstawie literatury zagranicznej, korygując je stopniowo na podstawie wyników uzyskiwanych z doświadczeń krajowych, które prowadzono na dość szeroką skalę. Badania prowadzone były, niestety, według bardzo zróżnicowanych schematów i indywidualnego podejścia poszczególnych autorów. Biorąc najbardziej ogólnie, można wyróżnić dwa podstawowe podejścia. W pierwszym ocenia się działanie nawozowe azotu zawartego w gnojowicy, co — biorąc pod uwagę skład chemiczny tego nawozu — wydaje się najbardziej uzasadnione. W drugim natomiast, stosowanym w wielu doświadczeniach, kierując się tradycją i przyzwyczajeniem, ocenia się nie konkretny składnik, a — na wzór obornika — dawkę gnojowicy. Utrudnia to, a praktycznie uniemożliwia, dokonanie syntezy, gdyż w poszczególnych doświadczeniach oceniana była inna dawka składników, w tym szczególnie azotu. Dlatego w opracowaniu przedstawione zostaną tylko wyniki doświadczeń, w których oceniano działanie azotu gnojowicy. Są to 4 serie doświadczeń przeprowadzonych w IUNG:

- wyniki doświadczeń nad porównaniem działania równoważnych dawek N w gnojowicy i w nawozach mineralnych [11, 17, 18],
- wyniki doświadczeń nad ustaleniem optymalnego udziału N działającego* gnojowicy w całkowitej dawce azotu [9, 17, 18],
- wyniki doświadczeń wieloletnich z uprawą kukurydzy w zmianowaniu [10, 12, 17, 18],
- wyniki doświadczeń wieloletnich z uprawą kukurydzy w monokulturze [7, 8, 14].

Ocena działania azotu gnojowicy

W doświadczeniach z uprawą kukurydzy na ziarno i na kiszonkę stosowano 4 wielkości dawek N w gnojowicy i w nawozach mineralnych (80, 160, 240, 320 kg/ha) oraz 2 dodatkowe dawki N w gnojowicy (400 i 480 kg), nie mające odniesienia w nawozach mineralnych [11]. Gnojowicę bydlęcą stosowano w 2 terminach: na jesieni pod orkę zimową i na wiosnę pod kultywator.

W doświadczeniach z kukurydzą uprawianą na kiszonkę gnojowica stosowana na wiosnę nie ustępowała działaniu N w nawozach mineralnych [11]. Na jesiennym nawożeniu plony suchej masy były od 5,0–11,0% (średnio o 7,0%) mniejsze niż na odpowiednich dawkach N w nawozach mineralnych. Kukurydza uprawiana na ziarno reagowała mniej korzystnie na nawożenie gnojowicą, zwłaszcza przy stosowaniu mniejszych jej dawek, odpowiadających 80 i 160 kg/ha N. Plony słomy nie zależały

* Azot działający jest to całkowita zawartość azotu w nawozach organicznych pomnożona przez równoważnik nawozowy wyrażony w formie ułamkowej.

natomiast od rodzaju stosowanych nawozów. Średnia efektywność rolnicza, wyrażona w kg plonu głównego na kg zastosowanego azotu w nawozach mineralnych, wynosiła 4,4 kg ziarna i 12,7 kg suchej masy kukurydzy uprawianej na kiszonkę oraz odpowiednio 2,7 i 6,4 kg dla jesiennego oraz 2,5 do 13,9 kg dla wiosennego terminu nawożenia.

Efektywność fizjologiczna, wyrażona przyrostem plonu głównego na kg pobranego azotu z nawozów, wynosiła przeciętnie 14,8 kg ziarna i 48,7 kg suchej kukurydzy uprawianej na kiszonkę dla N nawozów mineralnych. Dla gnojowicy stosowanej na jesieni wartości te wynosiły odpowiednio: 19,1 i 48,8 kg oraz 13,2 i 80,4 kg dla gnojowicy stosowanej na wiosnę.

Wykorzystanie azotu* przez rośliny z nawozów było zróżnicowane, głównie w zależności od wielkości dawek N i rodzaju stosowanych nawozów, w mniejszym natomiast stopniu w zależności od terminu nawożenia.

Z nawozów mineralnych rośliny wykorzystywały od 20,0 do 40,0% N, średnio 28,0%, przy uprawie kukurydzy na ziarno i od 16,0 do 35,0%, średnio 26,0%, w doświadczeniach z kukurydzą uprawianą na kiszonkę. Dla gnojowicy wartości te wynosiły odpowiednio 8,0 do 15,0 %, średnio 10,0%, i 6,0 do 26,0%, średnio 15,0%, dla jesiennego terminu nawożenia oraz 11,0 do 27,0%, średnio 21,0%, i 11,0 do 24,0%, średnio 17,0%, dla terminu wiosennego.

Optymalny udział azotu działającego gnojowicy w całkowitej dawce N

Celem tej serii doświadczeń było określenie optymalnego udziału azotu działającego gnojowicy w całkowitej dawce tego składnika w zastosowaniu pod kukurydzę uprawianą na kiszonkę [9, 13, 17, 18]. Doświadczenie przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej IUNG w Baborówku z gnojowicą bydłą i trzody chlewnej. Gnojowicę stosowano w 2 terminach: na jesieni pod orkę zimową i na wiosnę pod kultywator. Równoważnik nawozowy dla N gnojowicy bydłowej wynosił 0,7 przy wiosennym nawożeniu i 0,5 przy nawożeniu jesiennym i odpowiednio dla gnojowicy trzody chlewnej: 0,8 i 0,5. Udział azotu działającego gnojowicy w całkowitej dawce N (160 kg/ha) wynosił 25, 50, 75 i 100%; dodatkowo gnojowicę stosowano w dawkach odpowiednio 150% i 200% N działającego w stosunku do kombinacji 100% N w gnojowicy (tab. 1, 2).

Z danych przedstawionych w tabeli 1 (gnojowica bydła) wynika, że w ramach obiektów nawożonych N, łącznie do największej dawki N w gnojowicy, plony suchej

* Wskaźnik względnego wykorzystania azotu przez rośliny z nawozów wyliczono jako iloraz efektywności rolniczej i fizjologicznej.

Tabela 1. Wpływ różnego udziału azotu gnojowicy bydłowej w całkowitej dawce N na plony suchej masy kukurydzy, efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu (wyniki średnie z 3 lat doświadczeń)

Procentowy udział azotu działającego gnojowicy w całkowitej dawce N w gnojowicy nawozach mineralnych	Plony suchej masy [t/ha]		Efektywność		Wykorzystanie azotu przez rośliny z nawozów [%]		
	a	b	rolnicza [kg s.m./1 kg N zastowanego w nawozach]	fizjologiczna [kg s.m./1 kg N pobranego z plonem]	a	b	
PK bez N		12,2					
0	100	13,4	7,3	30,9	23,7		
25	75	13,3	5,5	25,1	21,9	26,6	
50	50	13,4	4,8	30,5	15,7	18,0	
75	25	13,6	5,1	40,1	7,3	13,9	
100	0	13,5	4,0	39,5	10,1	18,9	
100c	0	13,3	2,3	36,3	6,3	14,2	
100d	0	13,3	1,6	34,3	6,7	5,9	

Półprzedział ufności Tukeya 0,313

a — gnojowica stosowana pod orkę zimową

b — gnojowica stosowana na wiosnę pod kultywator

c — dawka N zwiększona o 50%

d — dawka N zwiększona o 100%

Tabela 2. Wpływ różnego udziału azotu gnojowicy trzody chlewnej w całkowitej dawce N na plony suchej masy kukurydzy, efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu (wyniki średnie z 5 lat doświadczeń)

gnojowicy	nawozach mineralnych	Plony suchej masy [t/ha]		Efektywność		Wykorzystanie azotu przez rośliny z nawozów [%]			
		a	b	rolnicza [kg s.m./1 kg N zastosowanego w nawozach]	fizjologiczna [kg s.m./1 kg N pobranego z plonem]	a	b		
PK bez N			10,1						
0	100		11,8	10,6	17,2	19,3			
25	75	12,0	13,0	9,6	16,6	49,4	60,0	18,2	27,4
50	50	12,2	12,8	11,2	15,0	59,9	68,4	17,4	25,2
75	25	13,0	13,2	10,1	15,9	52,2	53,2	19,8	30,9
100	0	13,1	13,1	9,4	14,7	65,2	60,2	16,1	26,4
100c	0	12,8	13,0	5,6	9,4	51,1	52,7	11,8	19,3
100d	0	12,8	13,0	4,1	7,3	62,8	58,5	8,5	12,9

Półprzebieżność ufności Tukeya 0,419

- a — gnojowica stosowana pod orkę zimową
- b — gnojowica stosowana na wiosnę pod kultywator
- c — dawka N zwiększona o 50%
- d — dawka N zwiększona o 100%

masy kukurydzy były mało zróżnicowane. Niewielkie różnice w większości przypadków mieściły się w granicach błędu doświadczenia. W wypadku gnojowicy trzody chlewnej (tab. 2) częściowe lub całkowite zastąpienie N mineralnego azotem działającym gnojowicy spowodowało istotny wzrost plonu suchej masy kukurydzy. Plony nie zależały natomiast od udziału N gnojowicy w całkowitej dawce azotu, a tym samym od wielkości całkowitej dawki tego składnika, do największej dawki N w gnojowicy włącznie.

Efektywność rolnicza malała wraz ze wzrostem wielkości dawki N i wynosiła 1,6 do 7,3 kg suchej masy na kg zastosowanego azotu w nawozach w doświadczeniu z gnojowicą bydłą (tab. 1) i 4,1 do 10,6 kg w doświadczeniu z gnojowicą trzody chlewnej.

Efektywność fizjologiczna w doświadczeniu z gnojowicą bydłą była mało zróżnicowana w zależności od rodzaju stosowanych nawozów i wielkości dawek N i wynosiła 30,9 do 36,1 kg suchej masy na kg pobranego przez rośliny azotu z plonem (tab. 1). Z wyjątkiem nawożenia wyłącznie mineralnego, to samo można odnieść do doświadczenia z gnojowicą trzody chlewnej (tab. 2). Efektywność fizjologiczna wynosiła w tym doświadczeniu 17,2 kg dla N nawozów mineralnych oraz 49,4 do 68,4 dla N gnojowicy. W porównaniu z nawożeniem wyłącznie mineralnym są to wartości średnio 3 razy większe.

Wykorzystanie azotu przez rośliny z nawozów było niskie i malało wraz ze wzrostem wielkości dawek N. Z nawozów mineralnych rośliny wykorzystywały 19,3 do 23,7% N (tab. 1 i 2) oraz 5,9 do 26,6% z gnojowicy bydłowej i 8,5 do 30,9% z gnojowicy trzody chlewnej. Z obu rodzajów gnojowic wyraźnie lepiej był wykorzystywany azot przy stosowaniu gnojowicy na wiosnę.

Plony i efektywność nawożenia w doświadczeniach wieloletnich

Doświadczenia wieloletnie z gnojowicą bydłą i trzody chlewnej przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej IUNG Baborówko na 2 glebach: na glebie o składzie mechanicznym piasku słabo gliniastego, zwanej dalej glebą lekką, i na glebie o składzie mechanicznym gliny średniej, zwanej dalej glebą średnią [10, 12, 17, 18]. W 4-letnim zmianowaniu uprawiano: ziemniaki – owies – żyto na ziarno – żyto na zieloną paszę + kukurydza w plonie wtórnym na glebie lekkiej oraz buraki pastewne – jęczmień jary – rzepak ozimy – kukurydzę na kiszonkę na glebie zwięzłej. Obiektem kontrolnym było nawożenie PK. Dawki nawozów mineralnych stosowanych pod poszczególne rośliny były zróżnicowane. Procentowy udział azotu działającego gnojowicy w całkowitej dawce N pod uprawianą roślinę był zawsze stały i wynosił 50, 75 i 100%; stosowano również zwiększone o 50% i 100% dawki N w gnojowicy. Pod kukurydzę w nawozach mineralnych stosowano 160 kg/ha N przy uprawie w plonie głównym i 140 kg w plonie wtórnym. Gnojowicę stosowano na wiosnę pod kultywator. Doświad-

Tabela 3. Wpływ różnego udziału azotu działającego gnojowicy bydłej w całkowitej dawce N na plony suchej masy kukurydzy, efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu (kukurydza uprawiana w plonie głównym w doświadczeniu wieloletnim)

Wyszczególnienie	Nawożenie						
	PK bez N	N min. 160 kg/ha	50% N gnoj. 50% N min.	75% N gnoj. 25% N min.	100% N gnoj. N gnoj.	150% N gnoj. N gnoj.	200% N gnoj. N gnoj.
Plony suchej masy [t/ha] średnia z 4 rotacji *	9,9	11,2	11,8	11,9	12,1	12,5	12,6
Efektywność rolnicza [kg s.m./kg N zastosowanego w nawozach] średnia z 4 rotacji *	—	8,1	10,5	10,9	11,1	8,8	6,8
Efektywność fizjologiczna [kg s.m./kg N pobranego z plonem] średnia z 4 rotacji *	—	30,0	43,2	42,3	47,4	46,2	43,1
Wykorzystanie azotu [%] z nawozów średnia z 4 rotacji *	—	27	27	27	23	20	16

* Wyniki średnie z 16 lat doświadczeń. N min. — azot w nawozach mineralnych; N gnoj. — azot w gnojowicy.

Tabela 4. Wpływ różnego udziału azotu działającego gnojowicy trzody chlewnej w całkowitej dawce N na plony suchej masy kukurydzy, efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu (kukurydza uprawiana w plonie głównym w doświadczeniu wieloletnim)

Wyszczególnienie	Nawożenie						
	PK bez N	N min. 160 kg/ha	50% N gnoj. 50% N min.	75% N gnoj. 25% N min.	100% N gnoj. N gnoj.	150% N gnoj. N gnoj.	200% N gnoj. N gnoj.
Plony suchej masy [t/ha] średnia z 4 rotacji *	9,8	11,4	12,0	12,4	12,3	12,8	12,8
Efektywność rolnicza [kg s.m./kg N zastosowanego w nawozach] średnia z 4 rotacji *	—	9,8	12,2	13,7	12,6	10,1	7,5
Efektywność fizjologiczna [kg s.m./kg N pobranego z plonem] średnia z 4 rotacji *	—	41,0	51,2	59,6	66,0	55,5	54,3
Wykorzystanie azotu [%] z nawozów średnia z 4 rotacji *	—	25	25	23	19	18	13

* Wyniki średnie z 16 lat doświadczeń. N min. — azot w nawozach mineralnych; N gnoj. — azot w gnojowicy.

czenia prowadzono w ciągu 16 lat (4 rotacje) polami wszystkich roślin, stąd w każdym roku uprawiane były wszystkie rośliny.

W tabelach 3 i 4 podano plony suchej masy kukurydzy uprawianej w plonie głównym oraz inne dane jako średnie z 16 lat doświadczeń.

W I rotacji w obu doświadczeniach plony suchej masy zależały tylko od nawożenia N. Były one zbliżone we wszystkich obiektach, bez względu na rodzaj stosowanych nawozów i wielkość dawek N. Począwszy od II rotacji, na nawożeniu wyłącznie mineralnym uzyskiwano mniejsze plony, co znalazło również odzwierciedlenie w średnich z 16 lat doświadczeń (tab. 3, 4). Przy stosowaniu gnojowicy plony w większości przypadków wzrastały wraz ze wzrostem udziału N gnojowicy w całkowitej dawce tego składnika. Dotyczy to również wyłącznego nawożenia gnojowicą, do największej dawki włącznie. Nie stwierdzono różnicy w działaniu gnojowicy bydlęcej i trzody chlewnej.

Efektywność rolnicza azotu nawozów mineralnych wynosiła średnio 8,1 kg suchej masy na kg zastosowanego azotu w doświadczeniu z gnojowicą bydlęcą (tab. 3) i 9,8 kg w doświadczeniu z gnojowicą od trzody chlewnej (tab. 4). Dla obiektów nawożonych N w gnojowicy i w nawozach mineralnych lub tylko w gnojowicy, średnio z 16 lat doświadczeń, efektywność rolnicza wynosiła 6,8 do 11,1 i 7,5 do 13,7 kg. Efektywność fizjologiczna N nawozów mineralnych średnio z 16 lat doświadczeń wynosiła 30,0 i 41,0 kg (tab. 3, 4). Na łącznym nawożeniu (N min. + N w gnojowicy) lub wyłącznym stosowaniu gnojowicy efektywność fizjologiczna była większa i wynosiła 43,2 do 47,4 kg w doświadczeniu z gnojowicą bydlęcą i 51,2 do 66,0 kg w doświadczeniu z gnojowicą trzody chlewnej.

Z nawozów mineralnych rośliny wykorzystywały średnio 27% N w doświadczeniu z gnojowicą bydlęcą i 25% w doświadczeniu z gnojowicą trzody chlewnej. Na łącznym nawożeniu, przy udziale N gnojowicy w całkowitej dawce azotu do 75%, średnio z 16 lat doświadczeń wykorzystanie azotu przez rośliny z nawozów było w obu doświadczeniach takie samo jak z nawozów mineralnych. W obiektach 100% N w gnojowicy lub na zwiększonych o 50 i 100% dawkach N w gnojowicy rośliny wykorzystywały 16 do 23% N (tab. 3) i 13 do 19% N (tab. 4). W obu doświadczeniach, niezależnie od rodzaju stosowanych nawozów, najmniejsze było wykorzystanie azotu przez rośliny w IV rotacji.

W porównaniu z nawożeniem wyłącznie mineralnym, kukurydza uprawiana w plonie wtórym korzystniej reagowała na nawożenie gnojowicą niż kukurydza uprawiana w plonie głównym (tab. 5, 6). W obiektach nawożonych N w nawozach mineralnych, plony suchej masy były w każdej rotacji najmniejsze na wyłącznym nawożeniu mineralnym, a największe na zwiększonych o 50% i 100% dawkach N w gnojowicy. Ponadto w obu doświadczeniach, począwszy od III rotacji, na wyłącznym nawożeniu N w nawozach mineralnych następował spadek plonu suchej masy kukurydzy. Różnice te są uwidocznione w średnich wieloletnich (tab. 5, 6).

Tabela 5. Wpływ różnego udziału azotu działającego gnojowicy bydłej w całkowitej dawce N na plony suchej masy kukurydzy, efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu (kukurydza uprawiana w plonie wtórnym w doświadczeniu wieloletnim)

Wyszczególnienie	Nawożenie					
	PK bez N	N min. 140 kg/ha	50% N gnoj. 50% N min.	75% N gnoj. 25% N min.	100% N gnoj. N gnoj.	200% N gnoj.
Plony suchej masy [t/ha] średnia z 4 rotacji *	6,5	6,2	7,6	8,0	8,4	9,0
Efektywność rolnicza [kg s.m./kg N zastosowanego w nawozach] średnia z 4 rotacji *	—	3,5	5,1	6,3	6,9	4,5
Efektywność fizjologiczna [kg s.m./kg N pobranego z plonem] średnia z 4 rotacji *	—	18,6	42,2	45,4	53,3	47,1
Wykorzystanie azotu [%] z nawozów średnia z 4 rotacji *	—	17	12	14	14	10

* Wyniki średnie z 16 lat doświadczeń.

Tabela 6. Wpływ różnego udziału azotu działającego gnojowicy trzody chlewnej w całkowitej dawce N na plony suchej masy kukurydzy, efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu (kukurydza uprawiana w plonie wtórnym w doświadczeniu wieloletnim)

Wyszczególnienie	Nawożenie					
	PK bez N	N min. 140 kg/ha	50% N gnoj. 50% N min.	75% N gnoj. 25% N min.	100% N gnoj. N gnoj.	200% N gnoj.
Plony suchej masy [t/ha] średnia z 4 rotacji *	5,8	6,1	7,3	7,7	8,0	8,6
Efektywność rolnicza [kg s.m./kg N zastosowanego w nawozach] średnia z 4 rotacji *	—	9,0	7,2	8,1	8,0	5,0
Efektywność fizjologiczna [kg s.m./kg N pobranego z plonem] średnia z 4 rotacji *	—	43,3	36,9	43,2	46,3	44,7
Wykorzystanie azotu [%] z nawozów średnia z 4 rotacji *	—	12	19	19	17	11

* Wyniki średnie z 16 lat doświadczeń.

Odpowiednio do plonów suchej masy kształtowała się efektywność rolnicza. W doświadczeniu z gnojowicą bydłą, w II rotacji także z gnojowicą trzody chlewnej, najmniejsza była efektywność rolnicza N nawozów mineralnych. W III i IV rotacji w obu doświadczeniach efektywność rolnicza N nawozów mineralnych była ujemna. Dlatego podane w tabeli 5 i 6 wartości należy traktować jako średnie z I i II rotacji.

Z wyjątkiem obiektów z nawożeniem N mineralnym, średnia efektywność fizjologiczna wahała się w granicach 42,2 do 53,3 kg suchej masy na kg pobranego azotu z nawozów w doświadczeniu z gnojowicą bydłą (tab. 5) i 36,9 do 46,9 kg w doświadczeniu z gnojowicą trzody chlewnej (tab. 6). Dla N w nawozach mineralnych wartości te jako średnie z I i II rotacji wynosiły odpowiednio 18,6 i 43,4 kg.

Wykorzystanie N z nawozów mineralnych w poszczególnych rotacjach było zróżnicowane i wahało się w granicach 12 do 22%, średnio 17%, w doświadczeniu z gnojowicą bydłą i 3 do 24 %, średnio 12%, w doświadczeniu z gnojowicą trzody chlewnej. W obiektach na łącznym nawożeniu N w gnojowicy i w nawozach mineralnych lub tylko w gnojowicy rośliny wykorzystywały od 7 do 19%, średnio 10–12% N, z gnojowicy bydłowej i 9 do 25%, średnio 11–19%, z gnojowicy trzody chlewnej.

Doświadczenie z uprawą kukurydzy w monokulturze prowadzono w ciągu 15 lat (1977–1991) w b. Kombinacie PGR Budzyn, b. woj. pilskie [14]. Było to doświadczenie łanowe, bezpowtórzeniowe. Założono je na 2 glebach: lekkiej, V klasa bonitacyjna, kompleks żytni słaby, i zwięzłej, klasa bonitacyjna IVa, kompleks żytni bardzo dobry. Powierzchnia pól wynosiła 0,5 ha na glebie lekkiej i 0,75 ha na glebie zwięzłej. Obiektem kontrolnym było nawożenie NPK w nawozach mineralnych w ilości 150 kg N, 110 kg P₂O₅ i 150 kg K₂O na 1 ha. Gnojowicę z fermy młodego bydła opasowego stosowano na wiosnę w ilości odpowiadającej 150 kg/ha N działającego (równoważnik nawozowy dla N gnojowicy = 0,7) oraz w dawkach zwiększonych o 50 i 100%. Ostatnią, największą dawkę, stosowano corocznie, a w ilości skomasowanej co drugi rok.

Na glebie lekkiej (pole 1) w każdym roku najmniejsze plony suchej masy kukurydzy otrzymywano na nawożeniu mineralnym. Plony w tym obiekcie w poszczególnych latach wahały się od 2,6 do 4,1 t/ha suchej masy, średnio z 15 lat doświadczeń wynosiły 3,1 t/ha. W pozostałych obiektach uzyskiwano przeciętnie 2 razy większe plony, średnio z 15 lat doświadczeń wynosiły one w poszczególnych obiektach 6,5; 6,9; 6,9 i 7,1 t/ha suchej masy. Na polu 2 (gleba zwięzła) uzyskiwano przeciętnie większe plony suchej masy i mało zróżnicowane w zależności od wielkości dawek i rodzaju stosowanych nawozów. Plony te w poszczególnych kombinacjach, średnio z 15 lat doświadczeń, wynosiły: 7,8; 7,9; 8,1; 8,1 i 8,3 t/ha suchej masy.

Wyniki tych doświadczeń, jak też doświadczeń ścisłych omówionych wyżej, wskazują, że gnojowica stosowana w ilości odpowiadającej 150 kg/ha N działającego pokrywa w całości potrzeby pokarmowe kukurydzy na azot i zapewnia osiągnięcie maksymalnych plonów.

Tabela 7. Plony zielonej i suchej masy żyta i kukurydzy [t/ha]

Rok zbioru	Plony zielonej masy		Plony suchej masy		Plon łączny w jednost- kach zbożowych
	żyto	kukurydza	żyto	kukurydza	
1972		20,8			25,0
1973		23,0			27,6
1976	18,9*	43,0	3,5	9,3	72,4
	20,7**	46,0	3,6	9,3	78,0
1977	20,5*	47,9	3,7	10,7	80,0
	21,5	50,1	3,9	11,2	83,7
1979	27,9	32,4	4,9	7,3	69,6
1982	16,3	18,7	3,2	5,0	40,8
1983	13,7	27,2	2,5	6,7	47,7
1978		61,2*		12,5	73,4
		62,8**		12,4	75,4
1980		39,2		9,3	47,0
1981		44,7		9,4	53,6
1984		36,4		8,8	43,7

* pole 1, ** pole 2

Inne doświadczenie wieloletnie prowadzono w ciągu 10 lat (1974–1984) na polach b. PGR Wonieść, b. woj. leszczyńskie [7, 8]. Doświadczenie założono na glebie bardzo lekkiej. Była to gleba okresowo sucha o składzie mechanicznym piasku słabo gliniastego, przechodzącego na głębokości 40 cm w piasek luźny, kompleks żytni bardzo słaby. Ze względu na niekorzystne właściwości fizyczne gleby, pole to pozostawało w ugorze. Wyjątkowo w latach 1972 i 1973 podjęto próbę uprawy kukurydzy w plonie głównym. Plony były jednak bardzo niskie, nie przekraczały 23 t/ha zielonej masy (tab. 7).

W roku 1974 pole o powierzchni 11 ha podzielono na 2 pola, zwane dalej polem 1 i polem 2. Z powodu awarii urządzeń do magazynowania gnojowicy, na polu 2 w roku 1974, w ciągu 12 miesięcy, zastosowano łącznie 554 m³/ha gnojowicy od bydła, wnosząc do gleby 1794 kg N, 933 kg P₂O₅ i 1886 kg K₂O. Na polu 1 w tym samym czasie zastosowano 140 m³/ha gnojowicy (554 kg N, 268 kg P₂O₅ i 588 kg K₂O). Od roku 1976 na obu polach uprawiano żyto na zieloną paszę + kukurydzę w plonie wtórnym lub kukurydzę w plonie głównym (tab. 7), nawożąc uprawiane rośliny wyłącznie gnojowicą. Łącznie w ciągu 10 lat na polu 1 zastosowano w gnojowicy 2954 kg N, a na polu 24196 kg. Do roku 1978 rośliny zbierano oddzielnie z każdego pola. W latach następnych, wobec braku różnic w plonach, łącznie z obu pól.

Plony suchej zielonej masy kukurydzy były zróżnicowane w poszczególnych latach i wahały się od 40 do 60 t/ha. Były to plony 2–3 razy większe od uzyskiwanych z tego samego pola w latach 1972–1973 na nawozach wyłącznie mineralnych.

Podsumowanie

Kukurydza jest powszechnie uznawana za roślinę bardzo korzystnie reagującą na nawożenie gnojowicą i znoszącą wysokie jej dawki bez szkody dla ilości i jakości plonów [1, 2, 3, 6, 15]. Potwierdzają to wyniki doświadczeń przeprowadzonych w ostatnich latach w kraju.

W cytowanych w pracy doświadczeniach kukurydza reagowała zwyżką plonu do 160 kg/ha azotu działającego, co przy równoważniku nawozowym dla N gnojowicy = 0,7 odpowiada 230 kg N całkowitego ($160 : 0,7 = 230$). W przeliczeniu na gnojowicę o zawartości 0,4% N odpowiada to dawce wynoszącej 60 m³/ha. W doświadczeniach stosowano gnojowicę w dawkach odpowiadających 230, 345, 460 i 480 kg/ha N całkowitego.

Na zwiększone dawki N w gnojowicy, powyżej 160 kg/ha azotu działającego, w doświadczeniach jednorocznych i częściowo w doświadczeniach wieloletnich kukurydza nie reagowała zwyżką plonu. W żadnym natomiast wypadku nie stwierdzono spadku plonu, w przeciwieństwie do N w nawozach mineralnych. Z reguły też już najmniejszy udział azotu działającego w całkowitej dawce tego składnika powodował wzrost plonu suchej masy kukurydzy w porównaniu z nawożeniem wyłącznie mineralnym. Uzyskane wyniki wskazują na dużą dowolność w ustalaniu wielkości dawek N w gnojowicy pod kukurydzę, od częściowego do całkowitego zastąpienia N mineralnego azotem działającym gnojowicy, a w sporadycznych czy losowych wypadkach możliwość stosowania dawek przekraczających potrzeby pokarmowe tej rośliny w stosunku do azotu. Ostatni sposób, możliwy z punktu widzenia rośliny, jest jednak dyskusyjny z punktu widzenia ochrony środowiska.

Szczególnie korzystne działanie gnojowicy stwierdzano, gdy stosowano ją na glebach lekkich. W tych też warunkach uzyskiwano znacznie większe plony suchej masy kukurydzy nawożonej gnojowicą niż przy stosowaniu takich samych dawek N w nawozach mineralnych. W 15-letnim doświadczeniu z uprawą kukurydzy w monokulturze na glebie lekkiej plony suchej masy kukurydzy nawożonej gnojowicą były przeciętnie o 100% większe niż na nawożeniu wyłącznie mineralnym. Plony nie zależały od wielkości dawek N w gnojowicy. Na glebie średniej natomiast plony nie zależały od rodzaju stosowanych nawozów i wielkości dawek.

We wszystkich cytowanych w pracy doświadczeniach uwagę zwraca stosunkowo niskie wykorzystanie azotu przez rośliny, tak z nawozów mineralnych, jak i z gnojowicy. Z nawozów mineralnych wykorzystanie to było z reguły mniejsze niż dla takich samych dawek N — podają inni autorzy [4].

Literatura

- [1] Asmus F., Meyer M., Noetzel R. 1985. *Arch. Acker -Pflanzenb. Bodenk.* 29(11): 681–686.
- [2] Görlitz H., Herrmann V., Jauert R. 1985. *Arch. Acker -Pflanzenb. Bodenk.* 29(1): 55–60.
- [3] Herrmann V., Görlitz H. 1985. *Arch. Acker -Pflanzenb. Bodenk.* 29(12): 747–759.
- [4] Jankowiak J., Kruczek A., Fotyma E. 1997. Efekty nawożenia mineralnego kukurydzy na podstawie wyników badań krajowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 450: 79–116.
- [5] Jeśmanowicz A. 1963. Potrzeby pokarmowe kukurydzy uprawianej na silos na oborniku i bez obornika. *Pam. Puł.* 10: 363–376.
- [6] Maćkowiak Cz. 1973. Gnojowica — jej właściwości i zastosowanie. Opracowanie problemowe CBR. W-wa: 102 ss.
- [7] Maćkowiak Cz., Warta Z. 1989. Wpływ długoletniego stosowania zróżnicowanych dawek gnojowicy na chemiczne właściwości gleby piaskowej oraz plony zielonej masy kukurydzy. Cz. I. Chemiczne właściwości gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 377: 119–127.
- [8] Maćkowiak Cz., Warta Z. 1989. Wpływ długoletniego stosowania zróżnicowanych dawek gnojowicy na chemiczne właściwości gleby piaskowej oraz plony zielonej masy kukurydzy. Cz. II. Plony i skład chemiczny roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 377: 129–136.
- [9] Maćkowiak Cz. 1989. Opracowanie tabel równoważników nawozowych gnojowicy oraz optymalnego jej udziału w pokryciu potrzeb roślin na azot. Sprawozdanie IUNG 1989: 80 ss, maszynopis.
- [10] Maćkowiak Cz. 1990. Synteza wyników badań na temat skutków wieloletniego stosowania gnojowicy na rośliny, glebę i wody gruntowe. Sprawozdanie IUNG 1990: 34 ss. (maszynopis).
- [11] Maćkowiak Cz. 1992. Działanie nawozowe azotu gnojowicy stosowanej pod rośliny uprawy polowej. Rozprawa habilitacyjna. Puławy IUNG, seria H (1): 84 ss.
- [12] Maćkowiak Cz. 1993. Synteza wyników badań nad maksymalnym obciążeniem gleb gnojowicą. Sprawozdanie IUNG 1993: 27 ss. (maszynopis).
- [13] Maćkowiak Cz. 1994. Zasady stosowania gnojowicy. Zalecenia nawozowe Cz.IV. IUNG Puławy, seria P (55): 40 ss.
- [14] Maćkowiak Cz., Warta Z., Żebrowski J. 1996. Wpływ zróżnicowanych dawek gnojowicy na plonowanie i skład chemiczny kukurydzy uprawianej w monokulturze i na zawartość N-NO₃ w wodach glebowo-gruntowych. *Zesz. Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu* Nr 293, Konferencje XIII (tom 2): 138–145.
- [15] Mazur T., Maćkowiak Cz. 1978. Nawożenie gnojowicą. PWRL: 202 ss.
- [16] Praca zbiorowa. 1970. Wyniki badań przeprowadzonych w Polsce nad nawozami organicznymi w latach 1945–1970. Puławy-IUNG, seria S (19): 274 ss.
- [17] Fotyma M. (red.). 1991. Nawozy-Gleba-Roślina. Synteza badań przeprowadzonych w ramach CPBR 3.18 w latach 1986–1990. Puławy: 119 ss.
- [18] Fotyma M. (red.). 1986. System nawożenia gruntów ornych w Polsce. Synteza badań przeprowadzonych w latach 1981–1985. Puławy IUNG, seria S (45): 106 ss.

Recent state of investigations on organic fertilization effectiveness of maize crop

Key words: maize, cattle slurry, pig slurry, agricultural effectiveness, physiological effectiveness, fertilization equivalent, active nitrogen

Summary

The paper presents the results of some important investigations carried out in Poland, which aimed to determine the effectiveness of applying organic fertilizers under maize crop. Special attention was paid to slurry since more experiments concerned that kind of fertilization. They intended to determine the fertilization activity of nitrogen contained in the slurry. It was found that the maize crop responded very favourably to both, cattle and pig slurry. It was also concluded that the slurry may be applied under maize crop at the rates covering nutritive N requirements of the plants partly or in total.

*Adres do korespondencji:
doc. dr hab. Czesław Maćkowiak
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy*