

WPŁYW NAWOŻENIA NA WYSOKOŚĆ I JAKOŚĆ PLONÓW ROŚLIN UPRAWNYCH

Franciszek Gajek

WSTĘP

Istnieje powszechne przekonanie, że spośród wielu czynników, stosowanych w celu podniesienia produkcji rolnej, największy wpływ ma nawożenie; jego udział w zwiększaniu plonów stanowi ponad 60%. Wiadomo także, że nawożeniem można oddziaływać na procentową zawartość składników mineralnych w roślinach, a to z kolei decyduje o jakości plonów. Za pomocą umiejętnego nawożenia można więc poprawiać, a wadliwego — pogarszać jakość produktów roślinnych. Mimo to, dążenie do ciągłego zwiększania plonów powoduje, że ich jakość jest nadal usuwana na dalszy plan.

WPŁYW NAWOŻENIA NA PLONY

Uznając duży wpływ zwiększania dawek nawozów mineralnych na plony, trzeba pamiętać, że zasięg tego wpływu jest ograniczony. W miarę wzrostu dawek nawożenia jego efektywność, czyli produktywność jednego kilograma danego składnika obniża się, zanika lub nawet zaczyna działać ujemnie. Dlatego niezmiernie ważne jest — jak pisze Boguszewski [6] — zdawanie sobie sprawy z efektywności nawożenia, co prowadzi do stosowania optymalnych dawek nawozów, czyli takich, przy których otrzymuje się największe, ale jeszcze opłacalne przyrosty plonów. Mimo że potrzeby pokarmowe roślin są znane, określenie optymalnych dawek każdego składnika nie jest łatwe, gdyż zależy to od szeregu czynników, jak: warunki meteorologiczne — zwłaszcza ilość i rozkład opadów — rodzaj gleby, dobór i właściwości roślin, poziom plonów, agrotechnika itp.

Ansorge [1] np. podaje — na podstawie wieloletnich badań przeprowadzonych w Lauchstädt — że działanie nawożenia mineralnego w dużym stopniu zależy od ilości stosowanego obornika, który łagodzi róż-

nice plonów, powodowane wysokością dawek lub składem tego nawożenia.

Górski i Mercik [23] w trwałych doświadczeniach skierniewickich stwierdzili, że efektywność nawożenia jest różna, w zależności od zmianowania i jakości przedplonu. Podobnie Hernes [26] w warunkach skandynawskich przypisuje duże znaczenie przedplonowi oraz zasobności gleby w składniki pokarmowe. Russell [48] oraz Görlitz [25], a w Polsce m.in. Birecki i Kaczorek [3] w zupełności to potwierdzają.

Nehring i Wiessemüller [45], Stocker i Gericke [55], a u nas Górski i Mercik [23] zwracają uwagę na różną zdolność poszczególnych roślin do pobierania składników z gleby, w związku z czym — pomimo zbliżonych potrzeb pokarmowych — ich reakcja na wysokość nawożenia jest różna.

Szczepański [57] omawia ciekawe współdziałanie nawożenia z odczynem gleby, formą i rodzajem nawozów, a także gatunkiem roślin. Jegorow [30] zaobserwował korzystne wyniki równoczesnego nawożenia fosforowego i potasowego. Natomiast Russell [48] i Hernes [26] wiążą działanie azotu z zasobnością gleby w potas i to nie tylko w warstwie ornej, ale także w warstwach niższych.

Gajek [18] zwrócił uwagę na wzajemne współdziałanie trzech, podstawowych składników pokarmowych (N, P i K), które inaczej się układają u różnych gatunków roślin uprawnych.

Görlitz [25] zaobserwował przy różnej wysokości plonów różną reakcję zbóż na jednakowe nawożenie. Voisin [60] kładzie bardzo duży nacisk na zachowanie w nawożeniu odpowiednich proporcji między poszczególnymi składnikami, co ma wpływ nie tylko na wysokość, ale i na jakość plonów roślin uprawnych.

W pracach Goralskiego [20] oraz Boguszewskiego, Boratyńskiego i Byczkowskiego [7] opartych na dużej serii doświadczeń polowych, a dotyczących efektywności stosowania głównych składników pokarmowych pod niektóre rośliny uprawne, ustalono, że przy nawożeniu zbóż dawką ok. 30 N, 40 P₂O₅ i 30 kg K₂O na ha przeciętna efektywność 1 kg azotu wynosi 11 kg, fosforu 4,5 kg i potasu 3 kg ziarna. Natomiast w nawożeniu ziemniaków dawką N — 34, P₂O₅ — 50 i K₂O — 68 kg na ha efektywność azotu wynosi 69, fosforu 18 i potasu 21 kg bulw, jakkolwiek dane te są oparte na dużej liczbie doświadczeń przeprowadzonych zarówno przed wojną, jak i w pierwszych latach po wojnie, i stanowią bardzo cenny materiał dla praktyki, to przy obecnych, a tym bardziej planowanych dawkach nawożenia nie są wystarczające.

W późniejszych latach wykonano wiele badań ze znacznie wyższymi dawkami. Na przykład — jak podaje Selke [54] — w doświadczeniach niemieckich ze zbożami stwierdzono korzystne działanie azotu przy dawkach ok. 80 kg/ha. Niektóre badania austriackie wykazały celowość stosowania jeszcze wyższych dawek azotu — do 120 kg na ha.

Również w kraju niektóre odmiany pszenic ozimych dodatnio reagowały na dawki azotu wynoszące 90 kg na ha. Już w latach 1956-1969 wyniki badań krajowych wykazały, że pod rzepak opłacalne są dawki azotu 140-160 kg na ha. Naturalnie warunkiem dobrego działania tak dużych dawek azotu jest odpowiednia zasobność gleby w fosfor i potas lub równoległe stosowanie obfitego nawożenia tymi składnikami.

Ponieważ do niedawna w kraju stosowano nawożenie bardzo niskie, zwykle nie pokrywające zapotrzebowania pokarmowego roślin uprawnych, większość gleb, zwłaszcza w gospodarstwach indywidualnych, jest uboga w fosfor i potas. Biorąc to pod uwagę w latach 1962-1967 w IUNG przeprowadzono pod kierunkiem Byczkowskiego liczną serię jednorocznych doświadczeń terenowych, dotyczących stosowania pod poszczególne gatunki zbóż, wzrastających dawek fosforu i potasu (tab. 1). Wyniki tych doświadczeń wykazały, że wszystkie gatunki zbóż dodatnio reagują zarówno na dawki fosforu wynoszące 36 kg na ha, jak również na dawki dwukrotnie wyższe (72 kg/ha), które zwykle przekraczają już zapotrzebowanie roślin. Opłacalność zastosowania dodatkowych 36 kg P_2O_5 na ha nie podlega wątpliwości, gdyż — jak wynika z ostrożnych kalkulacji — wartość zwyczajki plonu ziarna dwukrotnie przekracza koszt zakupu nawozu.

Nawożenie potasowe, zastosowane w omawianych doświadczeniach, także powodowało dosyć duże zwyczajki plonów; dowiedziono, że celowość stosowania dawki 60 kg K_2O na ha pod wszystkie badane zboża nie budzi zastrzeżeń. Natomiast zwiększenie dawki tego składnika do 100 kg/ha spowodowało dość znaczne obniżenie jego efektywności jednostkowej. Szczególnie ujawniło się to u obu form pszenicy, które są przeważnie uprawiane na glebach lepszych. Można więc wnioskować, że w większości przypadków dawki potasu 60-80 kg na ha są wystarczające tym bardziej że — jak wykazały podobne doświadczenia przeprowadzone w zakładach doświadczalnych na glebach zasobniejszych — opłacalność wyższych dawek potasu jest tam jeszcze bardziej wątpliwa.

Liczną serię doświadczeń ogólnokrajowych przeprowadzono również z nawożeniem zbóż różnymi dawkami azotu. Przykładowo podano wyniki dwóch grup doświadczeń z żytem ozimym, przeprowadzonych w Zakładach Doświadczalnych IUNG i w gospodarstwach indywidualnych (tab. 2). Mimo znacznej różnicy plonów między obu grupami doświadczeń, działanie azotu na plony żyta okazało się bardzo silne. Dotyczy to szczególnie dawki 30 kg N na ha. Działanie następnych 30 kg N było słabsze, ale również znaczne, zwłaszcza w gospodarstwach indywidualnych, gdzie żyto było zasiane na słabych glebach i w większości na gorszych stanowiskach. Dawka 60 kg N na ha spowodowała wzrost plonu ziarna od 5,5 do 7,5 q i okazała się wysoko opłacalna. Można nawet przypuszczać, że na słabszych glebach i gorszych stano-

Tabela 1

Wpływ wzrastających dawek fosforu i potasu na plony zbóż w doświadczeniach terenowych IUNG z lat 1962-1966

Nawożenie kg/ha		Plony ziarna q/ha						Zwyżka plonów q/ha						Efektywność 1 kg składnika przy wzrastających dawkach					
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	żyto	psze- nica ozima	jęcz- mień	owies	psze- nica jara	żyto	psze- nica ozima	jęcz- mień	owies	psze- nica jara	żyto	psze- nica ozima	jęcz- mień	owies	psze- nica jara		
50	—	100	20,7	25,6	25,2	24,5	23,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
50	36	100	22,9	27,7	26,8	26,5	24,7	2,2	2,1	1,6	2,0	1,6	6,1	5,8	4,4	5,5	4,4		
50	72	100	24,9	29,0	28,7	28,1	26,2	4,2	3,4	3,5	3,6	3,1	5,5	3,6	5,3	4,4	4,2		
50	72	—	22,0	26,2	25,9	25,2	23,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
50	72	60	23,9	28,5	27,8	27,1	25,6	1,9	2,3	1,9	1,9	1,9	3,2	3,8	3,2	3,2	3,2		
50	72	100	24,9	29,0	28,7	28,1	26,2	2,9	2,8	2,8	2,9	2,5	2,5	1,2	2,2	2,5	1,5		

* Liczba doświadczeń: żyto — 175, pszenica ozima — 111, jęczmień — 139, owies — 201, pszenica jara — 124.

wiskach nawożenie azotowe w wysokości 80-90 kg/ha byłoby także korzystne.

Analiza wyników doświadczeń terenowych wykazała ciekawą zależność działania różnych dawek azotu od rodzaju gleby. Niskie dawki (N—30) największe zwwyżki planu powodowały na glebach bardzo lekkich, a najmniejsze na glebach średnich; wyższe dawki (N—60) okazały się najbardziej opłacalne na glebach lekkich, typowo żytnich. Podobną zależność stwierdzono także u pszenicy. Również badania [25] wykazały podobną zależność działania dawek azotu (N—40 i N—80-90) od związku gleby. Absolutna zwyzka plonów, zwłaszcza przy wyższych dawkach N, początkowo wzrastała od gleb zupełnie lekkich do średnich, ale na najlepszych glebach, dających wysokie plony, była wyraźnie najmniejsza.

Na podstawie badań krajowych można założyć, że wysokie nawożenie będzie tym bardziej celowe, im właściwiej zostanie dobrana gleba do uprawy danej rośliny.

W tabeli 3 przytoczono wyniki pięcioletnich doświadczeń, przeprowadzonych na polu doświadczalnym Katedry Chemii Rolniczej SGGW w Skierniewicach [22] dotyczących nawożenia azotowego czterech podstawowych zbóż.

Dane zawarte w tabeli 3 wykazują, że 45-kilogramowe dawki azotu zastosowane pod zboża ozime i 30-kilogramowe — pod zboża jare spowodowały bardzo duży przyrost plonu, natomiast działanie wyższych dawek było o wiele słabsze lub w ogóle nie ujawniło się. Na tej podstawie można sądzić, że pod żyto i owies w warunkach tych doświadczeń wystarcza 60 kg, pod jęczmień uzasadnione jest stosowanie 90 kg, a pod pszenicę tylko ok. 45 kg N/ha.

Wśród badań krajowych nad nawożeniem bardzo ciekawe i reprezentatywne są wyniki trwałych doświadczeń prowadzonych w technikach rolniczych (tab. 4). Na ich podstawie można sądzić, że pod żyto bardzo wskazane są dawki ok. 60 kg N, 36 kg P_2O_5 i 80 kg K_2O /ha. Pod pszenicę ozimą — podobnie jak w doświadczeniach skierniewickich — wystarcza niższa dawka azotu, natomiast reaguje ona silniej nawożenie fosforowe i potasowe. Spośród zbóż na najwyższą dawkę azotu (90 kg) najlepiej reagował owies. Ponadto — z uwagi na to, że owies uprawiany jest przeważnie na glebach słabszych, a także na wysokie zapotrzebowanie tej rośliny, zwłaszcza na potas — także najsilniej ze wszystkich zbóż reagował on na nawożenie fosforowo-potasowe. Podane wyniki świadczą, że stosowanie pod owies ok. 72 kg P_2O_5 i ok. 160 kg K_2O na ha jest uzasadnione. Opłacalne dawki pod jęczmień, a także pod pszenicę jarą można by określić na ok. 60 kg N, 72 kg P_2O_5 i 80 kg K_2O .

Na podstawie innych badań [55] można stwierdzić, że ze zbóż na nawożenie fosforem najsilniej reagował jęczmień; stosowanie pod niego

Wpływ wzrastających dawek azotu na plony żyta w doświadczeniach polowych IUNG,
w latach
(wg Boguszeńskiego)

Da- wki kg/ha	Średnia z 35 doświadczeń zakładów doświadczalnych					Średnia z 212 doświadczeń z gospodarstw indywidualnych				
	plony q z ha ziarno słoma		% N w ziar- nie	przyrost plonu ziarna q z ha	efekty- wność 1 kg N przy wzras- tających dawkach	plony q z ha ziarno słoma		% N w ziar- nie	przyrost plonu ziarna q z ha	efek- tywność 1 kg N przy wzras- tających dawkach
0	25,2	51,8	1,65	—	—	19,8	45,5	1,47	—	—
30	28,9	62,6	1,68	3,7	12,3	24,2	55,1	1,45	4,4	14,7
60	30,6	67,3	1,73	5,4	5,7	27,3	60,2	1,52	7,5	10,3
90	31,8	69,1	1,90	6,6	4,0	—	—	—	—	—

* Dawka 60 kg N: 1/2 zastosowano w czasie ruszenia wegetacji, a 1/2 w fazie strzelania i 1/3 przed kłoszeniem.

** Liczba doświadczeń na glebach: bardzo lekkich — 71, lekkich — 65, średnich — 76.

dawek nawet od 120 kg P_2O_5 na ha okazało się celowe. Natomiast pod pszenicę w zupełności wystarczyło stosowanie 60 kg fosforu; wyższe dawki nie miały wpływu na plony. Bez względu na gatunek zboża i zasobność gleby w potas stosowanie dawek wyższych niż 160 kg [62] nie jest celowe. Na żyznych glebach Jugosławii, przy wysokich plonach pszenicy (ok. 50 q z ha) Žeravica podaje jako wystarczające dawki na ha: N — 60, P_2O_5 — 72 i K_2O — 80 kg.

Istotne zwiększenie plonu bulw ziemniaków uprawnych bez obornika (tab. 4) powodowały średnio dawki: N — 100, P_2O_5 — 72 i K_2O — 160 kg/ha. Na wyższe dawki, szczególnie azotu i potasu, w poszczególnych przypadkach dodatnio reagowały ziemniaki uprawiane na glebach lżej-

Tabela 3

Wpływ nawożenia azotowego na plony ziarna 4 podstawowych zbóż
(wg doświadczeń SGGW w Skierniewicach)

dawka N kg/ha	Zboża ozime		Zboża jare		
	plony ziarna q z ha		dawka kg/ha	plony ziarna q z ha	
	żyta	pszenica		owsa	jęczmienia
0	24,1	18,7	0	26,6	25,2
40	30,2	25,2	30	33,3	32,6
60	31,2	25,0	60	35,5	36,6
75	31,7	25,6	90	35,9	38,5

Tabela 2

przeprowadzonych w zakładach doświadczalnych i gospodarstwach indywidualnych 1962-1967
i Pentkowskiego — 9)

Rezultaty nawożenia azotem zależnie od zwięzłości gleby**

plony ziarna w q z ha na glebach:			przyrost plonu ziarna w q z ha na glebach:			efektywność 1 kg N przy wzrastających dawkach — na glebach		
bardzo lekkich	lekkich	średnich	bardzo lekkich	lekkich	średnich	bardzo lekkich	lekkich	średnich
17,1	20,6	21,8	—	—	—	—	—	—
22,1	25,2	25,3	5,0	4,6	3,5	16,7	15,3	11,7
24,8	29,0	28,0	7,7	8,4	6,2	9,0	12,7	9,0
—	—	—	—	—	—	—	—	—

w źdźbło — dawka 90 kg: 1/3 N w czasie ruszenia wegetacji, 1/3 w fazie strzelania w źdźbło

szych, natomiast na glebach zwięzlejszych i mniej zakwaszonych zwyżkę plonu powodowało zwiększenie dawek fosforu.

Pod buraki, zwłaszcza pastewne (również bez obornika), przy uwzględnieniu plonu liści, korzystne były najwyższe dawki każdego ze składników, czyli 150 kg N, 144 kg P₂O₅ i 240 kg K₂O na ha. Jedynie pod buraki cukrowe, które słabiej reagują na nawożenie fosforowe niż pastewne, celowość stosowania wysokiej dawki tego składnika może być wątpliwa.

Koniczyna czerwona [63] bardzo korzystnie reagowała na zastosowanie 36 kg P₂O₅ i 80 kg K₂O na ha. Natomiast podwojenie tych dawek powodowało o wiele mniejsze przyrosty plonów i było uzasadnione tylko w latach i w rejonach o wyższych opadach.

W tabelach 5 i 6 podano wyniki [6] wszystkich doświadczeń polowych z nawożeniem zbóż (tab. 5) oraz ziemniaków i buraków cukrowych (tab. 6), przeprowadzonych w ostatnich 10 latach. Choć dane dotyczące efektywności poszczególnych dawek nie pokrywają się ściśle z poprzednio omówionymi, wydaje się, że mogą one być bardziej reprezentatywne dla przeciętnych potrzeb nawozowych wymienionych roślin, gdyż są oparte na znacznie większej liczbie doświadczeń.

Przyjmując aktualne ceny nawozów oraz zbóż i okopowych można stwierdzić, że pod wszystkie gatunki zbóż pewna jest opłacalność dawek: azotu 60, fosforu 36 i potasu 80 kg na ha. Wahania w poszczególnych warunkach mogą być znaczne z trzech wymienianych składników dotyczy to głównie fosforu, gdyż w wielu przypadkach celowe jest zwiększenie jego dawki do 54 lub nawet 72 kg/ha.

Srednie wyniki wieloletnich doświadczeń przeprowadzonych w technikach rolniczych w latach 1962-1966 (wg Adamus i in. — 66)
A. Zboża

Nawożenie kg/ha*	Plony ziarna — q z ha				Zwyżka plonów — q z ha				Efektywność wzrastających dawek w kg ziarna na 1 kg składnika			
	żyto ozime	pszenica owies	jęcz- mień	pszenica jara	żyto ozime	pszenica owies	jęcz- mień	pszenica jara	żyto ozime	pszenica owies	jęcz- mień	pszenica jara
Bez azotu	20,5	26,2	20,9	27,4	20,9	—	—	—	—	—	—	—
N — 30	22,1	28,5	26,1	30,1	22,0	1,6	2,3	1,1	5,3	7,7	17,3	3,7
N — 60	24,9	28,7	29,1	32,8	23,7	4,4	2,5	2,8	9,3	0,7	10,0	5,7
N — 90	24,8	28,4	29,9	33,3	23,9	4,3	2,2	3,0	—	—	2,7	0,7
Bez fosforu	23,1	27,4	26,2	29,0	20,2	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅ — 36	23,8	28,9	28,1	30,7	20,8	0,7	1,5	0,6	1,9	4,2	3,6	1,7
P ₂ O ₅ — 72	23,9	29,2	28,6	32,3	22,1	0,8	1,8	1,9	0,3	0,8	1,4	3,6
P ₂ O ₅ — 144	24,4	28,9	29,3	32,6	24,5	1,3	1,5	4,3	0,7	—	1,0	3,3
Bez potasu	23,3	27,5	26,3	29,5	21,3	—	—	—	—	—	—	—
K ₂ O — 80	24,4	28,4	27,7	30,5	22,9	1,1	0,9	1,6	1,4	1,1	1,8	2,0
K ₂ O — 160	24,1	29,1	29,1	31,2	21,7	0,8	1,6	0,4	—	0,9	1,8	—
K ₂ O — 240	24,2	28,9	29,4	32,3	24,6	0,9	1,4	3,3	—	—	0,4	3,6

B. Inne rośliny

Nawożenie kg/ha	Plony — q z ha			Zwyżka plonów — q z ha			Efektywność wzrastających dawek w kg na 1 kg składnika				
	ziem- niaki	buraki cukrowe	buraki paste- wne	ziem- niaki	buraki cukro- we	buraki paste- wne	ziem- niaki	buraki cukro- we	buraki paste- wne	koni- czyzna	koni- czyzna
Bez azotu	229	354	607	—	—	—	—	—	—	—	—
N — 50	265	398	682	36	44	75	72	88	150	—	—
N — 100	285	425	731	56	71	124	40	54	98	—	—
N — 150	291	434	780	62	80	173	12	18	98	—	—
Bez fosforu	256	391	680	—	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅ — 36	272	409	733	16	18	53	44	50	147	36	36
P ₂ O ₅ — 72	279	413	753	23	22	73	19	11	56	22	22
P ₂ O ₅ — 144	288	421	777	32	30	97	12	11	33	7	7
Bez potasu	254	381	662	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₂ O — 80	277	410	724	23	29	62	29	36	78	39	39
K ₂ O — 160	285	416	750	31	35	88	10	8	32	16	16
K ₂ O — 240	288	435	785	34	54	123	4	24	44	9	9

* Podstawowe dawki składników nie badanych wynosiły: N — 60, P₂O₅ — 72, K₂O — 80 kg/ha.

** Liczba doświadczeń: żyto ozime — 26, pszenica ozima — 52, owies — 34, jęczmień — 27, pszenica jara — 8, ziemniaki — 53, buraki cukrowe — 13, buraki pastewne — 13, koniczyna — 38.

Tabela 5

Efektywność nawożenia zbóż na podstawie 4000 doświadczeń
(wg Boguszewskiego — 6)

Zboże	Średnie zwwyżki plonu w q/ha uzyskane pod wpływem zwiększających się dawek nawożenia															
	N kg/ha				P ₂ O ₅ kg/ha				K ₂ O kg/ha				NPK wg ilości N			
	30	60	90	120	36	54	72	108	40	80	120	160	30	60	90	120
Żyto	3,4	2,4	1,2	0,0	1,7	0,6	0,4	0,1	0,9	0,8	0,4	0,0	6,0	3,8	2,0	0,1
Pszenica ozima	2,4	1,6	1,2	1,0	1,3	0,4	0,3	0,1	1,0	0,7	0,3	0,1	4,7	2,7	1,8	1,2
Owies	3,4	2,1	0,8	0,4	1,6	0,5	0,4	0,1	1,0	0,7	0,5	0,1	6,0	3,3	1,7	0,6
Jęczmień	3,5	1,6	0,8	—	1,5	0,6	0,4	0,2	0,9	0,6	0,3	0,1	5,9	3,2	1,5	—
Średnio zboża	3,3	2,1	1,1	—	1,6	0,6	0,4	0,1	0,9	0,7	0,4	0,1	5,8	3,4	1,8	—

Tabela 6

Efektywność nawożenia mineralnego roślin okopowych na podstawie ogólnokrajowych doświadczeń polowych (wg Boguszewskiego — 6)

N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
dawka kg/ha	zwyżka plonu q z ha	dawka kg/ha	zwyżka plonu q z ha	dawka kg/ha	zwyżka plonu q z ha
Ziemniaki (średnie z ok. 1000 doświadczeń)					
30	20-30	36	9-20	80	8-17
60	15-22	72	6-10	160	6-10
90	7-17	108	0-7	240	0-3
120	0-16				
150	0-2				
Buraki cukrowe					
50	30-40	50	15-20	100	15-25
100	20-30	100	8-15	150	5-10
150	10-20	150	3-6	200	5

Boguszewski [6] twierdzi, że przy 60-kilogramowej dawce azotu pod zboża konieczne jest stosowanie 54 kg fosforu i 80 kg potasu; uważa on, że nawożenie w wysokości ok. 200 kg NPK na ha jest przeważnie opłacalne i tylko w poszczególnych przypadkach trzeba się zastanowić nad ewentualnym jego zmniejszeniem. Wyższe nawożenie — ok. 300 kg NPK na ha, w tym 90 kg N, jest przeważnie nieopłacalne, choć czasami może dawać zadowalające wyniki.

W nawożeniu ziemniaków wysokość optymalnych dawek trudniej jest ustalić z powodu większej rozbieżności wyników, powodowanej prawdopodobnie różną wysokością nawożenia obornikiem. Wydaje się jednak, że najodpowiedniejsze dawki mieszczą się w granicach: N — 60 do 90, P₂O₅ — 36 do 72, a K₂O — 80 do 160 kg na ha.

Pod buraki cukrowe, biorąc pod uwagę jedynie plon korzeni, średnio wystarczają dawki: N — 100 do 120, P₂O₅ ok. 100 i K₂O — 150 do 200 kg na ha. Natomiast w przypadkach, gdy pożądane jest uzyskanie możliwie wysokiego plonu liści, może być celowe zwiększenie dawki azotu nawet do 180 kg na ha.

Jak już wspomniano, nawożenie daje najwyższe efekty, gdy uprawiane rośliny są dostosowane do jakości gleby. Ponadto, zwłaszcza wyższe dawki zwykle są najbardziej efektywne na glebach średnich. Na glebach lekkich, pomimo na ogół mniejszej ich zasobności, działanie nawozów bywa ograniczane niedostatkiem wody. Małe dawki działają tu bardzo dobrze, a wysokie, zwłaszcza w latach suchych, zawodzą. Na glebach ciężkich o wyższej naturalnej zasobności w składniki pokarmowe efekty nawożenia, zwłaszcza azotem i potasem, są przeważnie także mniejsze niż na glebach średnich.

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W ROŚLINACH

Zgodnie z teorią Mitscherlicha wraz ze wzrostem dawek nawozowych obserwuje się malejące ich oddziaływanie na plony, natomiast wzrastanie ich wpływu na procentową zawartość składników pokarmowych. Na przykład Demolon [14] podaje, że jak długo nawożenie zwiększa plony nie zmienia istotnie ich jakości, natomiast gdy inne czynniki ograniczają dalszy wzrost plonu, wtedy wyraźniej zaznacza się oddziaływanie nawożenia na skład chemiczny roślin. Jak wiadomo, wiążą się z tym właściwości odżywcze, smakowe, technologiczne, łatwość konserwowania, przechowywania itd.; odnosi się to również i do produktów zwierzęcych, gdyż — jak podaje Schuphan [53] za Nehringiem — ponad 50% produkcji roślinnej stanowi paszę dla zwierząt, warunkując jakość mleka, przetworów mlecznych i mięsa. Jest więc zrozumiałe, że wielu badaczy — w ślad za Voisinem [60] — wskazuje na konieczność śledzenia zmian w składzie chemicznym plonów — szczególnie przy stosowaniu intensywnego nawożenia mineralnego. Bogusławski i Gierke [8] twierdzą, że w miarę wzrostu plonu pod wpływem nawożenia rośliny pobierają odpowiednio większą ilość składników pokarmowych. Na przykład przy średnich plonach przez 100 kg ziarna pszenicy zostaje pobrane: 1,67 kg N, 0,75 kg P₂O₅, 0,48 kg K₂O; a przez 100 kg słomy: 0,38 kg N, 0,18 kg P₂O₅ i 0,91 kg K₂O, natomiast przy plonach wysokich — uzyskanych pod wpływem intensywniejszego nawożenia — każde 100 kg ziarna pobiera np.: 2,00 kg N, 0,93 kg P₂O₅ i 0,67 kg K₂O, a 100 kg słomy: 0,71 kg N, 0,31 kg P₂O₅ i 1,94 kg K₂O. Szczególnie duży jest przy tym wzrost zawartości potasu — w słomie o ponad 100%, a w ziarnie o ok. 40%; zawartość azotu zwiększa się w słomie o ok. 87%, a fosforu o ok. 72%.

Demolon [14] uważa również, że nawożenie ma duży wpływ na zmianę zawartości i wzajemny stosunek poszczególnych składników w roślinach. Podaje on, że zawartość azotu w pszenicy może się wahać od 2,00 do 2,72%, a fosforu od 0,65 do 0,85%. W bulwach ziemniaczanych różnice w zawartości potasu mogą być znacznie większe; mogą one wynosić od 0,68 do 3,96% suchej masy.

Hovland i Caldwell [27] już przy dawce 40 kg potasu na 1 ha — bez nawożenia azotowo-fosforowego — otrzymali wzrost zawartości potasu w plonie z 2,58 do 4,21%, a przy nawożeniu NP pod wpływem takiej samej dawki potasu — z 1,76 do 3,82%. Dowodzi to słuszności poglądu, że spośród podstawowych składników pokarmowych największym wahaniami ulega w roślinach zawartość potasu [13, 42].

Na podstawie wyników badań podanych w tabeli 7 można sądzić, że zwiększenie nawożenia mineralnego powoduje w pierwszym rzędzie zwiększenie zawartości azotu w całej roślinie oraz — potasu w jej organach wegetatywnych. Na przykład w badaniach Chojnackiego i Boguszewskiego [13] zwiększenie zawartości azotu w ziarnie żyta przy dawce N—60

w stosunku do N — 20 kg/ha wynosiło 0,10‰; fosforu przy dawce 54 w stosunku do 18 kg/ha — 0,05‰, natomiast potasu przy dawce 90 w stosunku do 30 kg/ha — 0,03‰. Analogicznie w słomie zawartość azotu wzrosła o 0,02‰, fosforu o 0,01‰, a potasu aż o 0,24‰. W ziarnie pszenicy przy nawożeniu: N — 60, P₂O₅ — 54 i K₂O — 90 kg/ha, w stosunku do nawożenia N — 15, P₂O₅ — 27 i K₂O — 30 kg/ha, stwierdzono w ziarnie wzrost zawartości azotu o 0,11‰, fosforu o 0,06‰, a potasu zaledwie o 0,01‰. W słomie azotu było więcej o 0,06, fosforu o 0,02 a potasu o 0,22‰. W świeżej masie bulw ziemniaczanych przy nawożeniu N — 100, P₂O₅ — 36 i K₂O — 120 kg/ha, w stosunku do N — 20 i K — 40, azotu było więcej o 0,02‰, a fosforu i potasu o 0,01 kg/ha; natomiast w łęcinach nastąpił wzrost zawartości azotu o 0,13‰, potasu o 0,038‰, a zawartość fosforu pozostała bez zmian.

Wyjątkowo duże zróżnicowanie zawartości potasu w roślinach otrzymał Wicke [62] w badaniach wazonowych. Najwyższe plony wszystkich badanych roślin autor otrzymał przy zastosowaniu 1,25 g potasu na wazon; wyższe dawki powodowały obniżanie plonu. Zawartość potasu w nasionach lub korzeniach ulegała stosunkowo niewielkim zmianom, zaś w słomie i liściach wraz ze wzrostem dawek zwiększała się bardzo wyraźnie. Jednakże w warunkach polowych, pomimo stosowania dawek powyżej 160 kg/ha, ten sam autor [61] uzyskał wyniki wskazujące na znacznie mniejszy wpływ wzrastających dawek potasu na jego zawartość w roślinach, zwłaszcza w nasionach, w których zróżnicowanie czasami w ogóle się nie ujawniło.

Na ogół wiadomo, że ogólna zawartość fosforu w roślinach, a potasu w nasionach, ulega niewielkim zmianom. Ponadto, jak niektórzy autorzy podają [13], przy równoczesnym zwiększaniu wszystkich trzech składników, wywołujących wzrost plonu, zmiany zawartości tych składników w roślinach mogą być nieistotne.

Stanowisko takie w pewnym stopniu potwierdzają wyniki badań autora nad nawożeniem ziemniaków w Wierzbnie. Przy nawożeniu: 80 kg azotu, 54 kg fosforu i 80 kg potasu na 1 ha z jednoczesnym nawożeniem obornikiem stwierdzono w suchej masie bulw ziemniaczanych: N — 1,50, P₂O₅ — 0,52 i K₂O — 2,75‰, a przy nawożeniu dwukrotnie wyższym każdym ze składników zawartość azotu i potasu wzrosła zaledwie o 0,08‰, a fosforu pozostała bez zmian.

Boguszewski i Chojnacki [13] sądzą jednak, że przy stosowaniu dawek: azotu 60-90, fosforu 60-70 i potasu 80-120 kg na 1 ha, a więc przy dawkach stosowanych w obecnym pięcioleciu, nastąpi przeciętny wzrost zawartości azotu w ziarnie o ok. 0,20‰, a słomie o ok. 0,07‰, potasu w słomie o ok. 0,20‰, w bulwach ziemniaczanych o ok. 0,02‰, natomiast w łęcinach o ok. 0,50‰.

W tabeli 9 podano zawartość składników pokarmowych w ziarnie i słomie żyta, owsa i pszenicy oraz w suchej masie bulw ziemniacza-

Zmiany w zawartości składników pokarmowych w roślinach pod wpływem nawożenia określone w różnych warunkach i przez różnych autorów (zebrane przez A. Chojnackiego i W. Boguszewskiego)

Autorzy i rok ogłoszenia wyników	Niższy poziom nawożenia						Wyższy poziom nawożenia											
	wielkość dawek kg/ha			zawartość składnika w %			wielkość dawek kg/ha			zawartość składnika w %								
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O						
1	2	3	4	5	6	7												
Zyto ozime																		
L. Kuszelewski (1965)	30	30	40	1,41	0,63	0,67	0,52	0,24	1,48	70	45	60	1,51	0,67	0,71	0,50	0,20	1,44
W. Boguszewski	40	27	70	1,16	0,85	0,49	0,38	.	1,50	80	54	140	1,20	0,80	0,52	0,39	.	1,74
C. Maćkowiak	20	18	30	1,50	0,96	0,55	0,49	0,28	1,52	60	54	90	1,60	1,01	0,58	0,51	0,29	1,74
W. Maćkowiak (1968)	Pszenica ozima																	
W. Boguszewski	30	30	40	1,54	0,44	0,47	0,43	0,21	1,44	70	45	66	1,54	0,60	0,51	0,63	0,26	1,76
A. Chojnacki (1971)	15	27	30	1,59	0,85	0,44	0,46	0,18	1,09	60	54	90	1,70	0,91	0,45	0,52	0,20	1,31
W. Boguszewski	.	36	60	.	0,73	0,39	.	0,25	0,89	.	72	120	.	0,77	0,40	.	0,22	1,08
S. Gosek (1971)																		

1	2	3	4	5	6	7											
			Ziemniaki *														
L. Kuszelewski (1965)	40	50	70	0,34	0,07	0,63	.	.	100	130	170	0,37	0,07	0,66	.	.	
C. Maćkowiak	80	27	80	0,29	0,11	0,47	1,15	0,25	2,90	160	54	160	0,29	0,13	0,48	1,00	0,25
W. Boguszewski																	
W. Maćkowiak (1969)	20	.	40	0,29	0,12	0,51	1,18	0,28	1,51	100	36	120	0,31	0,13	0,52	1,31	0,27
W. Boguszewski																	
A. Chojnacki (1971)																	
W. Łoginow																	
W. Misterski (1964)	30	24	60	0,25	0,10	0,57	.	.	.	120	72	140	0,31	0,10	0,58	.	.

* Przy ziemniakach zamiast w ziarnie podano zawartość składników w bulwach a zamiast w słomie — w łęczinach ziemniaczanych.

1	2	3	4	5	6	7												
Jęczmień																		
L. Kuszelewski (1965)	30	30	40	1,97	0,62	0,65	0,52	0,26	1,48	70	45	60	2,14	0,57	0,62	0,56	0,24	1,47
W. Łoginow																		
W. Misterski																		
Z. Klupczyński (1964)	80	27	60	1,38	0,87	0,58	0,64	0,34	1,68	160	54	120	1,50	0,85	0,57	0,69	0,32	1,81
W. Boguszewski																		
A. Chojnacki (1971)	20	36	60	1,59	0,94	0,57	0,45	0,22	1,60	40	108	180	1,69	1,02	0,58	0,48	0,23	1,74
Owies																		
L. Kuszelewski (1965)	30	30	40	1,83	0,65	0,65	0,35	0,34	1,74	70	45	60	1,92	0,63	0,65	0,44	0,41	1,74
W. Boguszewski St. Gosek																		
H. Grześkiewicz (1971)		36	40		0,88	0,50		0,40	2,72		72	160		0,88	0,51		0,46	2,91

Tabela 8

Zmiany zawartości potasu w roślinach w zależności od nawożenia
(wg H. J. Wicke — 62)

Dawka potasu g/wazon	% K ₂ O w nasionach lub korzeniach				% K ₂ O w słomie lub liściach			
	żyto	rzepak	ziemnia- ki	buraki cukrowe	żyto	rzepak	ziemnia- ki	buraki cukrowe
0,08	0,53	0,96	1,79	0,71	0,76	0,33	0,46	0,63
1,25	0,77	0,94	2,35	0,70	1,32	0,28	1,84	1,98
2,5	0,80	0,99	2,84	0,86	2,11	1,20	2,97	3,87
5	0,80	0,95	2,86	1,05	3,09	3,21	4,36	5,78
10	0,78	0,97	3,02	1,34	4,06	3,27	4,57	6,90

nych, pochodzących z doświadczeń prowadzonych w gospodarstwach indywidualnych. We wszystkich roślinach — w miarę stosowania wyższych dawek nawożenia — stwierdzono na ogół wzrost zawartości każdego ze składników. W wartościach bezwzględnych zwyczajka ta była wyraźniejsza u żyta i owsa niż u pszenicy ozimej. Przy skrajnych dawkach azotu zawartość tego składnika w ziarnie różniła się o 0,20 lub więcej procent — bez względu na wysokość nawożenia PK; zawartość fosforu o 0,03-0,06%, a potasu w słomie — przy dwukrotnie wyższych dawkach K₂O — o 0,22-0,30%.

Można sądzić, że przyczyną większego zróżnicowania zawartości składników pokarmowych w życie i owsie niż w pszenicy była ich uprawa na glebach słabszych o niższej zasobności i mniejszym kompleksie sorpcyjnym, a więc w warunkach, w których zróżnicowane nawożenie mogło silniej oddziaływać na pobieranie składników pokarmowych przez rośliny. Wprawdzie ziemniaki były uprawiane na tych samych glebach co żyto i owies, jednak — pomimo wyższych i bardziej zróżnicowanych dawek nawożenia — różnice w zawartości składników mineralnych były w nich mniejsze; można to tłumaczyć stosowaniem obornika. Ansorge [1] na podstawie badań nad kilku roślinami uprawnymi wykazał, że nawożenie mineralne, stosowane łącznie z obornikiem powoduje o połowę mniejsze zróżnicowanie zawartości składników mineralnych w roślinach niż takie same dawki nawozów mineralnych stosowane bez obornika.

Mercik [42] na podstawie wieloletnich doświadczeń skierniewickich stwierdził, że oddziaływanie nawożenia mineralnego na zawartość składników mineralnych w roślinach zależy również od przedplonu. Ponadto, zaobserwował on, że im silniej któryś ze składników wpływał na podniesienie plonu, tym mniej zmieniała się jego procentowa zawartość w roślinach. Innymi słowy, dopóki wysokość dawki nie pokrywała zapotrzebowania roślin, dopóty nie wpływała istotnie na zawartość procentową danego składnika w roślinach. Jedynie wpływ nawożenia

Średnia zawartość składników pokarmowych w %

(doświadczenia z różną wysokością nawożenia N, P, K prowadzone w gospodarstwach indywidualnych w latach 1969-1971)

Dawka składnika kg/ha		Zyto ozime — 1969			Pszenica ozima — 1970			Owies — 1971			Ziemniaki 1970 - 1971* (w suchej masie)			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		ziarno — 6 doświadczeń			ziarno — 10 doświadczeń			ziarno — 10 doświadczeń			bulwy — 10 doświadczeń			
40	40	60	1,37	0,76	0,52	1,65	0,98	0,53	1,51	0,83	0,54	1,21	0,55	2,48
40	80	120	1,34	0,82	0,56	1,63	1,03	0,54	1,46	0,85	0,56	1,24	0,57	2,61
60	40	60	1,48	0,73	0,53	1,73	0,98	0,52	1,64	0,82	0,56	1,30	0,53	5,45
60	80	120	1,45	0,77	0,56	1,72	1,01	0,54	1,58	0,87	0,59	1,32	0,56	2,59
80	40	60	1,57	0,73	0,53	1,78	0,98	0,52	1,72	0,83	0,56	1,38	0,51	2,39
80	80	120	1,54	0,78	0,56	1,76	1,01	0,54	1,69	0,87	0,58	1,39	0,55	2,62
		słoma — 2 doświadczenia			słoma — 9 doświadczeń			słoma — 6 doświadczeń						
40	40	60	0,52	0,20	1,45	0,43	0,25	1,26	0,45	0,29	2,29			
40	80	120	0,47	0,22	1,67	0,45	0,28	1,33	0,42	0,34	2,55			
60	40	60	0,56	0,20	1,54	0,43	0,25	1,27	0,45	0,33	2,41			
60	80	120	0,53	0,21	1,82	0,49	0,28	1,40	0,48	0,36	2,63			
80	40	60	0,62	0,20	1,65	0,49	0,24	1,33	0,54	0,33	2,28			
80	80	120	0,58	0,22	1,95	0,51	0,27	1,40	0,54	0,35	2,57			

* Pod ziemniaki dawki azotu wynosiły 60, 90 i 120 kg, a potasu 80 i 160 kg na ha.

potasem ujawniał się zawsze, nawet przy dawkach niskich, nie dorównujących potrzebom pokarmowym roślin.

W wynikach podanych w tabeli 9 zastanawiające jest, że wzajemne oddziaływanie na siebie dawek azotu i fosforu z potasem było różne. Wydaje się, że przy zwiększaniu tylko dawki azotu powinna wzrastać w roślinach jedynie zawartość tego składnika, a zawartość fosforu i potasu powinna być mniejsza i odwrotnie — przy wyższych dawkach PK i zachowaniu takiego samego nawożenia azotowego — można by oczekiwać niższej zawartości azotu. Tymczasem nie zawsze tak bywa. Przykładem tego jest zawartość azotu i potasu w słomie pszenicy oraz potasu w słomie żyta, gdzie wraz ze wzrostem dawki azotu wzrasta również zawartość potasu i odwrotnie.

Podobne wyniki w badaniach wazonowych otrzymała Koter [33]. Podaje ona, że interpretacja tych zależności w literaturze nie jest zgodna, a jej zdaniem wpływa na nie zasobność gleby w PK, a także reakcja roślin na nawożenie azotem. Przypuszczenie takie w pewnym stopniu potwierdzają wyniki analiz niektórych roślin z doświadczeń prowadzonych w Osinach (tab. 10). Wykazują one, że obniżenie się zawartości potasu, a tym bardziej fosforu, w miarę wzrostu dawek azotu nie jest regułą. Na przykład w ziemniakach (1968) przy wyższych dawkach azotu równolegle zwiększała się zawartość fosforu.

Demolon [14] podaje wprawdzie, że między zawartością azotu i fosforu w roślinach istnieje ściśle powiązanie i zwiększanie zawartości azotu pociąga za sobą wzrost zawartości fosforu, jednakże w innym miejscu autor ten pisze, że niedoborowi fosforu często towarzyszy wzrost zawartości azotu i odwrotnie.

Trudniejsza jest interpretacja rzadziej zdarzających się wypadków, gdy wraz ze zwiększeniem się dawki i zawartości azotu w roślinach, zawartość potasu wykazuje także tendencje wzrostowe — jak to wystąpiło np. w słomie rzepaku i owsa (tab. 10).

Pod wpływem różnych dawek P i K zawartość fosforu w roślinach ulegała dużym zmianom (tab. 10). Przy zwiększeniu jego dawki o 60 kg (z 40 do 100 kg) znaczniejsze różnice wystąpiły w ziemniakach i w mieszance (0,05-0,07% suchej masy), w nasionach rzepaku (0,04-0,08%) w ziarnie owsa (0,04-0,06) i w ziarnie jęczmienia (0,06%). Zawartość potasu ulegała znacznie większym zmianom, np. od wpływem zwiększenia dawki tego składnika o 100 kg w bulwach ziemniaczanych jego zawartość zwiększyła się o 0,37%, w słomie rzepaku o 0,25%, a w słomie jęczmienia — przy dawce o 80 kg/ha wyżej — aż o 0,52%.

W ziemniakach, ziarnie owsa, mieszance i słomie jęczmienia, pod wpływem zwiększania dawki fosforu nastąpił wzrost zawartości azotu. Na wystąpienie takiej zależności zwrócono już uwagę w wieloletnich doświadczeniach przeprowadzanych w Poświętnem [18], gdzie nawożeniu fosforowemu na ogół zawsze towarzyszył wzrost zawartości azotu.

Srednia zawartość składników pokarmowych w roślinach
(doświadczenia z intensywnością nawożenia mineralnego przy różnym stosunku N:P:K przeprowadzone w ZD Osiny)

Nawożenie_kg/ha*			Rzepak ozimy — 1969			Owies — 1969			Jęczmień jary — 1970			W suchej masie roślin		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			nasiona			ziarno			ziarno			ziemniaki — 1968		
50			3,24	1,65	0,94	1,55	0,83	0,50	1,44	0,94	0,55	1,08	0,52	2,35
75			3,50	1,63	0,92	1,63	0,82	0,51	1,51	0,91	0,56	1,15	0,53	2,32
100			3,60	1,57	0,92	1,78	0,82	0,51	1,57	0,99	0,56	1,24	0,55	2,29
	40	60	3,42	1,59	0,89	1,60	0,79	0,50	1,52	0,91	0,54	1,08	0,50	2,21
	70	60	3,44	1,60	0,91	1,71	0,82	0,50	1,49	0,94	0,55	1,14	0,51	2,21
	70	100	3,43	1,61	0,93	1,58	0,81	0,51	1,52	0,95	0,56	1,14	0,54	2,30
	100	100	3,47	1,63	0,94	1,70	0,83	0,51	1,51	0,97	0,57	1,24	0,55	2,27
	100	140	3,43	1,67	0,95	1,68	0,85	0,52	1,50	1,97	0,58	1,16	0,57	2,58
			słoma			słoma			słoma			mieszanka na zielono 1971		
50			0,64	0,26	1,96	0,53	0,31	2,91	0,70	0,28	1,72	2,24	0,89	1,87
75			0,76	0,25	1,97	0,61	0,29	2,19	0,80	0,28	1,79	2,35	0,90	1,75
100			0,94	0,24	2,00	0,67	0,31	2,20	0,87	0,27	1,75	2,36	0,90	1,82
	40	60	0,79	0,24	1,87	0,60	0,29	2,04	0,75	0,25	1,53	2,22	0,86	1,75
	70	60	0,78	0,23	1,86	0,64	0,31	2,16	0,81	0,26	1,60	2,34	0,90	1,77
	70	100	0,75	0,24	2,01	0,61	0,30	2,16	0,78	0,26	1,82	2,32	0,89	1,85
	100	100	0,82	0,27	2,04	0,58	0,32	2,30	0,84	0,30	1,78	2,38	0,91	1,79
	100	140	0,76	0,27	2,12	0,58	0,30	2,29	0,79	0,30	2,05	2,34	0,93	1,90

* Odmienne dawki niż podano były stosowane pod:

ziemniaki N — 70, 100 i 130, K₂O — 80, 130 i 180 kg/ha

rzepak ozimy N — 100-150 i 200, K₂O — 80, 130 i 180/ha

jęczmień N — 40, 60 i 80 kg/ha

mieszankę N — 20, 30 i 40 kg/ha.

W doświadczeniach prowadzonych w Grabowie (tab. 11) nie uzyskano wprawdzie dużego zróżnicowania zawartości składników mineralnych w roślinach, ale na ogół nie odbiegało ono od przeciętnego. Charakterystyczne jest jedynie to, że nie stwierdzono wpływu różnych dawek azotu na zawartość tego składnika w sianie koniczyny z trawami, jak i na wysokość jej plonu. Potwierdzenie tych wyników mogą stanowić rezultaty badań Jansona i Torstenssona [29] nad nawożeniem azotowym grochu (jako także rośliny motylkowej); w którym składnik ten nie tylko nie zwiększał plonu, ale pogarszał wykształcenie nasion i obniżał zawartość w nich białka.

W przeciwieństwie do azotu (tab. 11) wpływ różnej wysokości dawek potasu ujawnił się w procentowej zawartości tego składnika dosyć wyraźnie; zwiększeniu dawki o 80 kg/ha towarzyszył wzrost jego zawartości w roślinach o 0,30-0,40%.

W ziarnie jęczmienia i w burakach, przy niższym nawożeniu azotowym wzrastające dawki PK bardziej obniżały zawartość azotu niż przy wyższych jego dawkach. Zatem pogląd przeważającej liczby autorów [1, 11, 15, 16, 18, 31, 34, 42, 44], że zwiększenie zawartości potasu powoduje zmniejszenie zawartości azotu w roślinach i odwrotnie, wymaga jeszcze uściślenia.

Zawartość wapnia w roślinach oznaczana jest rzadziej. W warunkach polowych na ogół wcześniej niż brak wapnia ujawnia się szkodliwy wpływ kwaśnego odczynu lub toksyczności nadmiaru glinu lub manganu. Mercik [42] podaje, że jakkolwiek wapnowanie w pewnym stopniu wpływa na zwiększenie zawartości wapnia w roślinach, to wzrost ten jest niewspółmiernie niższy niż w glebie. Natomiast obfite nawożenie potasem powoduje obniżenie zawartości wapnia i magnezu w roślinach wskutek antagonizmu kationów. Goralski [21] zaznacza, że obfite nawożenie potasowe bardziej obniża w roślinach zawartość magnezu niż wapnia, przy czym — jak stwierdzili Scharrer i Mengel [49] — rodzaj towarzyszących potasowi anionów nie ma tutaj znaczenia.

Na podstawie doświadczeń wazonowych, przeprowadzonych w 1971 r. na glebie kwaśnej, Malińska [19] stwierdziła, że wapnowanie zwiększa zawartość wapnia w ziarnie owsa o 0,02-0,03%, a w słomie o 0,20-0,45%. Przy czym wpływ wapnowania ujawnił się wyraźniej przy pominięciu nawożenia potasowego. Natomiast wapnowanie obniżyło zawartość azotu w każdym wypadku, jednak tym silniej im wyższe było nawożenie NPK. Przy niższym nawożeniu wapnowanie wyraźnie zwiększało zawartość fosforu w ziarnie i słomie owsa — po ok. 0,15%; przy wyższym nawożeniu działało ono odwrotnie, obniżając zawartość składnika o ok. 0,10%.

Zawartość składników pokarmowych w sianie koniczyny oznaczona w 12 doświadczeniach polowych przeprowadzonych w 1970 r., wykazała, że wapnowanie wg 1/1 Hh na glebach kwaśnych o pH 5,5 wykonane

przed orką pod roślinę ochronną — oprócz istotnego wzrostu plonu — spowodowało zwiększenie w nim zawartości azotu z 2,24 do 2,33%, a fosforu z 0,51 do 0,55%; na zawartość potasu miało ono najmniejszy wpływ, przy średniej tendencji do jej obniżania.

Podobne wyniki podają Awdonin i Stieszkina [2], którzy stwierdzili w koniczynie znaczny wzrost zawartości azotu i fosforu, a także wapnia i magnezu pod wpływem wapnowania.

Wzajemne oddziaływanie składników pokarmowych na ich zawartość w roślinach, przy stosunkowo niskim nawożeniu określono — na przykładzie trwałych doświadczeń z Poświętnego [18] — następująco:

- nawożenie azotowe obniża zawartość potasu i fosforu;
- nawożenie potasowe powoduje zmniejszenie zawartości azotu, fosforu, magnezu i wapnia, a zwiększenie zawartości manganu;
- nawożenie fosforowe na ogół sprzyja zwiększaniu w roślinach zawartości azotu, a obniżeniu potasu;
- wapnowanie zwykle zwiększa zawartość w roślinach magnezu i fosforu, a obniża zawartość potasu, a szczególnie manganu.

JAKOŚĆ PLONÓW ROŚLIN UPRAWNYCH

Konsekwencją zmian zachodzących pod wpływem nawożenia w zawartości i wzajemnym stosunku poszczególnych składników w roślinach są ogóle zmiany jakościowe. Zmianom tym może ulegać zawartość białka i jego skład aminokwasowy, zawartość suchej masy, skrobi, cukru, tłuszczu i soli mineralnych, co powoduje zmianę właściwości odżywczych, smakowych i technologicznych roślin.

Nawożenie nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na jakość plonu. Wiadomo, że ich jakość i wysokość modyfikuje również szereg innych przyczyn, zwykle niezależnych od rolnika. Znany jest np. wpływ klimatu; klimat kontynentalny sprzyja gromadzeniu większej ilości białka, podczas gdy nadmorski — raczej węglowodanów. Stąd np. pszenice we wschodniej Europie są bogatsze w białko niż w Europie zachodniej.

Wpływ klimatu jest dostrzegalny również na terenie Polski. Biskupski [4] stwierdził, że żyto uprawiane we wschodniej części kraju zawiera więcej białka niż w zachodniej. Również warunki meteorologiczne w okresie wegetacji, a zwłaszcza ilość opadów, wilgotność powietrza i gleby oraz nasłonecznienie, wywierają pewien wpływ na zmiany jakościowe w roślinach, co stwierdził już w latach 1932-1939 Lewicki [35] oraz w latach 1955-1957 Biskupski [47]. Badania Chojnackiego i Boguszewskiego [13] wykazały, że w latach o niższej ilości opadów, zwłaszcza na glebach lżejszych, rośliny wykazują tendencję gromadzenia większych ilości białka. Jest to zgodne z wynikami Renniego [46], który w warunkach kanadyjskich zaobserwował, że większa ilość opadów

Tabela 11

Średnia zawartość składników pokarmowych w %, w różnych roślinach uprawnych
(doświadczenia prowadzone w ZD Grabów w latach 1967-1970)

Nawożenie kg/ha*	Koniczyna						Buraki pastewne — 1969						Jęczmień — ziarno						Owies — ziarno																																																																																																																																														
	z trawami — 1968						korzenie						lata 1967 i 1970						lata 1969-1970																																																																																																																																														
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O																																																																																																																																									
50	40	60	2,36	0,62	3,34	1,51	0,50	3,40	2,78	0,67	4,25	1,77	0,91	0,52	1,91	0,88	0,47	50	70	100	2,31	0,64	3,59	1,34	0,61	3,52	2,70	0,67	4,40	1,66	0,92	0,55	1,89	0,92	0,48	50	100	140	2,38	0,69	3,75	1,24	0,53	3,64	2,63	0,69	4,62	1,59	0,94	0,58	1,86	0,96	0,50	75	40	60	2,49	0,62	3,24	1,68	0,50	3,25	2,92	0,63	4,20	1,80	0,90	0,52	2,02	0,90	0,47	75	70	100	2,40	0,63	3,47	1,57	0,57	3,62	2,88	0,64	4,30	1,73	0,92	0,54	1,99	0,92	0,48	75	100	140	2,42	0,66	3,51	1,44	0,54	3,90	2,64	0,66	4,37	1,67	0,96	0,57	1,97	1,00	0,50	100	40	60	2,27	0,62	3,22	1,66	0,53	3,20	3,28	0,61	4,20	1,86	0,90	0,53	2,18	0,89	0,48	100	70	100	2,38	0,64	3,34	1,63	0,55	3,60	3,00	0,62	4,40	1,83	0,93	0,56	2,10	0,93	0,49	100	100	140	2,39	0,66	3,51	1,55	0,58	3,86	2,89	0,65	4,57	1,80	0,96	0,58	2,08	0,97	0,50

* Odmienne dawki składników niż podane były stosowane pod:

koniczynę z trawami:

N — 30, 60 i 90 kg/ha

P₂O₅ — tylko działanie następcze po jęczmieniu w 1967.

buraki pastewne:

N — 80, 120 i 160 kg/ha

K₂O — 80, 160 i 240 kg/ha

Zawartość składników zarówno w korzeniach jak i w liściach buraków odnosi się do ich suchej masy.

obniża zawartość białka w roślinach. Podobnie działa deszczowanie; według badań prowadzonych aktualnie przez Maćkowiaka — obok wpływu jaki wywiera na wzrost plonu wszystkich roślin uprawnych — powoduje ono istotne obniżenie procentowej zawartości azotu i potasu w roślinach. Na przykład zawartość azotu i potasu w sianie łąkowym w omawianych doświadczeniach obniżyły się po ok. 0,3%; azotu w ziarnie pszenicy o ok. 0,5%, a potasu w słomie pszenicy i grochu także o ok. 0,5%. Zawartość fosforu ulegała najmniejszym zmianom, a czasami nawet wzrastała pod wpływem deszczowania.

Rodzaj gleby — bez uwzględnienia jej zasobności, która zależy głównie od wysokości nawożenia [13] — nie wywiera w tym wypadku wyraźnego wpływu. Do podobnego wniosku doszedł Burczyk [10], który nie stwierdził wyższej zawartości azotu w pszenicy uprawianej na glebie zwięzłej niż na lekkiej. Można więc uznać, że spośród czynników agrotechnicznych na zmiany jakościowe roślin najwyraźniej wpływa nawożenie.

Russell [48] podaje np., że za pomocą odpowiednio wysokiego nawożenia na kwaśnych i ubogich w fosfor użytkach zielonych można zwiększyć jego zawartość o 100%, a przez wapnowanie podnieść zawartość wapnia w roślinach o 50%, polepszając tym samym ich wartość odżywczą.

Skład chemiczny siana waha się w dość szerokich granicach; np. zawartość białka surowego może wynosić 5 do 11%, a fosforu od 0,2 do ok. 0,85%. Zdaniem żywieniowców siano łąkowe powinno zawierać co najmniej 0,6% fosforu, co w warunkach krajowych jest rzadko osiągalne. Zawartość potasu w sianie uważa się za wystarczającą, jeżeli wynosi ona 2,5% K_2O . Nadmierne nawożenie potasem prowadzi do niepotrzebnego gromadzenia się tego składnika w roślinach, co może powodować zaburzenia przewodu pokarmowego u zwierząt. Nowak podaje nawet, że roślinność łąkowa, nawożona nadmiernie wysokimi dawkami potasu, jest mniej smaczna i mniej chętnie zjadana przez zwierzęta.

Nawożeniem można w dużej mierze regulować skład botaniczny runi użytków zielonych. Nawożenie fosforowo-potasowe powoduje lepszy rozwój roślin motylkowych, natomiast azotowe ogranicza ich rozwój, a sprzyja bujnemu wzrostowi traw. Podobny wpływ nawożenia fosforem obserwował Knauer [32]. Rutkowska twierdzi nawet, że pod wpływem obfitego nawożenia azotem zanikają rośliny motylkowe i zioła — zachodzi redukcja liczby gatunków, która często prowadzi do absolutnej dominacji jednego z nich, np. nitrofilnej kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.). również wapnowanie gleb kwaśnych wpływa na skład botaniczny runi. Po zbiorze mieszanki ozimej na nasiona w ZD Wierzbno — przy ogólnym plonie ok. 10,0 q/ha — bez wapnowania udział nasion wyki ozimej wynosił ok. 20%, podczas gdy na obiekcie wapnowanym ok. 50%.

Zawartość suchej masy jest szczególnie ważna w paszach zielonych i w roślinach okopowych. Z wielu przeprowadzonych badań wynika, że nawożenie na ogół obniża w roślinach zawartość suchej masy oraz skrobi w ziemniakach. W tabeli 12 podano wyniki doświadczeń polowych z lat 1970-1971, dotyczących wpływu różnej wysokości nawożenia na zawartość suchej masy i skrobi.

Tabela 12

Wpływ nawożenia na zawartość suchej masy w burakach pastewnych i ziemniakach oraz skrobi w ziemniakach

Nawożenie kg/ha			Zawartość suchej masy %				% skrobi w ziemniakach z ZD	
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ziemniaki z ZD		buraki pastewne ZD Grabów		Wierz- bno	Osiny
			Wierz- bno	Osiny	korze- nie	liście		
80	54	80	22,8	25,7	16,7	14,6	13,8	18,1
160	108	160	22,0	25,0	16,3	14,2	13,1	17,7

Jakkolwiek obniżenie zawartości suchej masy i skrobi w ziemniakach nie jest zbyt duże, jednak pod wpływem wyższego nawożenia występuje ono regularnie we wszystkich przypadkach. Według powszechnie panującej opinii główną tego przyczyną jest potas, który zwiększa wodnistość roślin. Mac Kay i in. [40] określają nawet liniową zależność między dawkami potasu a obniżaniem się zawartości suchej masy w bulwach ziemniaczanych. W ich badaniach każdemu zwiększeniu dawki potasu o 50 kg towarzyszył spadek zawartości suchej masy o 0,5%.

W wieloletnich doświadczeniach prowadzonych w Poświętnem [18] stwierdzono, że pod wpływem jednostronnego nawożenia potasowego (K₂O — 60) zawartość suchej masy w bulwach ziemniaków obniża się o 2,0%, a w liściach po przekwitnięciu roślin o blisko 2,5%; natomiast zawartość skrobi w ziemniakach — o 1,8%. Pełne nawożenie (N — 30, P₂O₅ — 36 i K₂O — 60 kg na ha), nie pokrywające nawet zapotrzebowania pokarmowego ziemniaków, obniżyło zawartość suchej masy i skrobi w bulwach po ok. 1,5%.

Górski i Mercik [24] w wieloletnich doświadczeniach skierniewickich stwierdzili, że najwyższą zawartość skrobi w ziemniakach uzyskuje się bez nawożenia mineralnego w ogóle lub przy stosowaniu tylko NP, a najniższą — w porównaniu z pełnym nawożeniem — w wariacie bezfosforowym (NK). Autorzy ci wnioskujeją, że nawożenie potasowe obniża zawartość skrobi, a fosforowe ją podnosi. Podobne wnioski ze swoich

badania wyciągają Black i Cairns [5], a także Stocked i Gericke [55], którzy na podstawie wieloletnich doświadczeń stwierdzili zwiększenie zawartości skrobi pod wpływem dawki fosforu 60 kg/ha o 0,5%, 120 kg/ha o 0,7 i 180 kg/ha o 0,8%. Również Schmitt [51] przy stosowaniu wzrastających dawek tomasyny otrzymywał wyższą zawartość suchej masy, skrobi, a także białka, fosforu i wapnia w bulwach ziemniaczanych.

Podobne wyniki przytaczają Birecki i Kaczorek [3]. Podają oni przy tym, że przyczyną obniżania się zawartości suchej masy i skrobi w roślinach jest jon chlorowy. Biorąc to pod uwagę, Selke [54] zaleca stosowanie soli potasowej pod ziemniaki w jesieni. Mimo że działa ona słabiej na plony niż wysiana wiosną, jednak obniża procent skrobi w bulwach w mniejszym stopniu, wskutek wypłukania w czasie zimy części chloru. Ronzen [47] ujemny wpływ działania potasu na zawartość suchej masy i skrobi tłumaczy powstawaniem w bulwach większych i bardziej uwodnionych, komórek. Ponadto stwierdza, że wpływ potasu na wysokość plonu jest odmienny niż na jego jakość. Wicke [61] twierdzi nawet, że nadmiernie wysokie nawożenie potasem nie tylko obniża procent suchej masy i skrobi, ale pogarsza jakość sadzeniaków.

Lityński [36] dzieli aniony w nawozach mineralnych na tzw. uwadniające bulwy lub działające odпечаzniająco, a tym samym obniżające lub podwyższające zawartość skrobi. Wśród czterech podstawowych anionów (Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} i SO_4^{2-}) dwa pierwsze określa jako dosyć silnie uwadniające, a fosforanowy i siarczanowy jako odпечаzniające. Stąd — w ślad za Gerickem — zaleca pod ziemniaki obfite nawożenie fosforowe, a azotowe w postaci siarczanu amonu.

Dimitrow [16] podaje, że w Bułgarii nawożenie fosforowe wyraźnie podnosi zawartość suchej masy i skrobi w ziemniakach; przy jego zaniedbaniu plon suchej masy i skrobi obniżał się w skrajnych wypadkach o 23 do 38%. Schnieder [52] pod wpływem stosowania 64 kg P_2O_5 na ha uzyskał wzrost zawartości skrobi w ziemniakach o 0,7%.

Wpływ nawożenia na zawartość skrobi jest jednak bardzo zależny od przebiegu pogody. Doskonale to obrazują obserwacje Ilina [28].

Nawożenie	Zawartość skrobi w %	
	lata suche	lata mokre
0	15,3	15,8
Obornik 18 t	13,3	16,3
NPK + Ca	11,8	14,9
Obornik 36 t	12,9	16,9
Obornik 18 t + NPK	11,5	15,3

Wyniki te świadczą, że ujemny wpływ nawożenia na zawartość skro-

bi jaskrawo występuje w latach suchych, natomiast w mokrych prawie zanika.

Podobny wpływ opadów zaobserwowano w ogólnokrajowych badaniach nad wapnowaniem ziemniaków, przeprowadzonych w 1967 r.

Dawka wapna	% skrobi przy opadach		
	małych	średnich	dużych
Bez wapna	15,8	15,3	15,5
Wg 1/2 Hh	15,3	15,8	15,6
Wg 1/1 Hh	15,2	15,8	15,6

Przy niedoborze opadów pogłówne wapnowanie ziemniaków nie tylko ograniczyło przyrosty plonu bulw, albo spowodowało obniżenie procentowej zawartości skrobi. Natomiast przy dostatku opadów, a zwłaszcza przy umiarkowanej ich ilości, wpływ wapnowania w obu wypadkach był bardzo korzystny.

Niższe dawki azotu zwiększają zawartość suchej masy i skrobi w ziemniakach, a wysokie działają przeciwnie. W doświadczeniach przeprowadzonych w Poświętnem [18] dawka 30 kg/ha azotu wpływała korzystnie zarówno na zawartość skrobi, jak i suchej masy w bulwach ziemniaczanych. Klupczyński [31] twierdzi, że dawki azotu do 60 kg na 1 ha zwiększają, a powyżej 120 kg obniżają zawartość skrobi w ziemniakach. Podobny wpływ na zawartość suchej masy przypisuje wymienionym dawkom Łoginow [38]. Zaznacza jednak, że różnice międzyodmianowe są dosyć duże. Na przykład u odmiany Flisak zawartość suchej masy wzrastała jeszcze przy dawce 120 kg N/ha. Schnieder [52] jako optymalną pod tym względem dawkę azotu pod ziemniaki podaje 80 kg na ha.

Wyniki badań autora prowadzonych w ZD Osiny i w gospodarstwach indywidualnych w zasadzie potwierdzają tę opinię.

Srednie z 2 doświadczeń
w ZD Osiny (1968-1970)

Średnie z 9 doświadczeń
terenowych (1971)

N kg/ha	% s.m.	% skrobi	N kg/ha	% s.m.
70	23,9	16,6	60	23,1
100	23,5	16,2	90	23,1
130	23,2	16,0	120	22,8

Wzrastające dawki azotu wyraźnie zwiększają zawartość białka ogólnego w roślinach. Wprawdzie początkowo przy niskich dawkach tego się nie obserwuje, a nawet może wystąpić zjawisko odwrotne, spowodowane dużym przyrostem plonu [9, 25] ale wyższe dawki zwiększają zawartość białka.

Przy zastosowaniu pod ziemniaki 180 kg N na ha Klupczyński [31] stwierdził wzrost zawartości surowego białka aż o 50%, a wraz z tym zupełną zmianę stosunku białka do skrobi. Obok zawartości ogólnej białka, bardzo ważna jest jego jakość i skład aminokwasowy. Aktualnie prowadzone na ten temat badania Nowackiego wykazują, że jakość białka ziemniaków — które dzięki wysokiej zawartości albumin, jest bardziej podobne do zwierzęcego niż białko zbóż — pod wpływem dawek azotu wynoszących 120-130 kg N na 1 ha poprawia się; natomiast wyższe dawki azotu obniżają jakość białka, przy czym w tym wypadku również występują różnice odmianowe.

Jakość białka w roślinach jest uzależniona także od innych składników nawozowych, np. Mosolowa [43] stwierdziła, że pod wpływem wapnowania — obok wzrostu ogólnej zawartości białka — wzrastała szczególnie zawartość jego bardziej wartościowych frakcji, ilość gliadyny i gluteiny wzrosła dwukrotnie.

Nawożenie azotowe znacznie zwiększa plony rzepaku, natomiast obniża w nim zawartość tłuszczu. Niżej podano wyniki 3-letnich doświadczeń z Topoli-Błonia (1957-1959) z dawkami azotu wzrastającymi do 180 kg na 1 ha [37].

Dawka N kg/ha	Plon nasion q/ha	Tłuszcz %	Plon tłuszczu q/ha
0	21,6	48,5	10,5
40	24,2	47,5	11,5
80	27,9	46,0	12,8
120	30,9	45,3	14,0
140	32,0	44,0	14,1
160	32,4	43,5	14,1
180	33,1	43,1	14,3

Wyniki te są przykładem, jak różny wpływ może mieć zwiększenie dawek nawozów z jednej strony na wysokość, a z drugiej na jakość plonów. Przy 180 kg N otrzymano wzrost plonu nasion o 11,5 q, a spadek zawartości tłuszczu o 5,4%, w rezultacie plony tłuszczu przy dawkach powyżej 120 kg N praktycznie nie uległy zmianie. Według niektórych badaczy równoczesne zwiększanie dawek azotu i potasu ma przeciwdziałać temu zjawisku, ale w omawianych doświadczeniach nie znalazło to potwierdzenia.

U zbóż — szczególnie podczas suszy i przy ograniczonym krzewieniu się roślin — nawożenie potasowe korzystnie wpływa na wykształcenie ziarna i ciężar jego hektolitra [18], natomiast Knauer [32] przypisuje duży wpływ na te cechy nawożeniu fosforowemu. Nawożenie to — obok podwyższenia plonów i zmniejszenia ich wahań — powodowało zwiększenie ciężaru tysiąca ziarn, przeciwnie niż nawożenie azotowe, które

podnosi plony zbóż przez pobudzenie roślin do intensywnego krzewienia się i przez zwiększenie zagęszczania kłosów, ale obniża ciężar 1000 ziarn [18, 59].

Vetter i Teuteberg [59] podają nawet, że przy dawkach azotu większych niż 100 kg/ha ciężar 1000 ziarn pszenicy zmniejszył się o 11-25%, ilość ziarn w kłosach o 8-48%, a ogólny ciężar ziarn w kłosie o 8-55%, co w rezultacie obniżyło plon ogólny, pomimo że pszenica nie wyległa.

Istotne znaczenie ma nie tylko wysokość dawki azotu, ale również termin jej zastosowania i ewentualny podział. Zwrócił na to uwagę m. in. Russell [48], a w kraju Goralski, Boguszewski i Pentkowski [9] oraz Stuczyński [56]. Opóźnienie dawki azotu powoduje wzrost zawartości w roślinach białka surowego, natomiast jej podział — np. na każdy pokos [56] — obniża ogólną zawartość białka surowego, a także zmniejsza niebezpieczeństwo gromadzenia się w roślinach nadmiernej ilości niepożądanych azotanów. Równolegle stosowane, obfite nawożenie potasowe także ogranicza występowanie w zbyt dużych ilościach form azotu niebiałkowego i mineralnego [56].

Niebiałkowe formy azotu — jak np. azot alfa-aminowy, amidowy, amonowy i mocznikowy — występuje w paszach roślinnych, są zupełnie dobrze wykorzystywane przez przeżuwacze, stąd wysoką ich zawartość można traktować jako objaw korzystny. Jednakże przy dawkach przekraczających 600 kg N na 1 ha [56], np. w kupkówce, obserwuje się niewielką zawartość N—NO₃ — głównie w III pokosie, gdy niższa temperatura i słabsze nasłonecznienie sprzyja w ogóle gromadzeniu większych ilości azotu niebiałkowego. Ostatecznie autor zaleca pod kupkówkę dawki azotu na 1 ha 240-300 kg w I roku i 240-360 kg w II roku, z ich podziałem na poszczególne pokosy. Przy wyższych dawkach azotu — oprócz nadmiernego wzrostu zawartości azotu niebiałkowego — następuje zmniejszenie ilości węglowodanów. Utrudnia to dodatkowo należyte wykorzystanie paszy przez zwierzęta, bowiem węglowodany stanowią pożywkę dla mikroorganizmów przewodu pokarmowego redukujących azotany, a także dla mikroorganizmów zużywających powstały po redukcji amoniak do budowy białka zwierzęcego.

Wydaje się, że na gromadzenie w roślinach nadmiaru azotu niebiałkowego pewien wpływ mogą mieć formy azotu w nawozach azotowych. Jakkolwiek stosowanie form amonowych lub mocznika nie wyklucza występowania w roślinach azotu azotanowego, bo nitryfikacja następuje bardzo szybko, to jednak — jak podaje Goralski — te formy nawozów mogą w pewnym stopniu hamować gromadzenie się azotanów.

W późniejszych badaniach okazało się, że bardziej niebezpieczne dla zwierząt niż azotany są azotyny. Cąkała [12] twierdzi, że ich toksyczność jest 10-krotnie wyższa niż azotanów. Mogą one występować już w paszy lub powstawać w żołądkach zwierząt. Wywołują one zaburzenia oddechowe, związane z powstawaniem methemoglobiny, będącej bezpośrednią

przyczyną niedotleniania krwi zwierzęcia. Azotyny mogą się wytwarzać w paszy podczas składowania przez redukcję azotanów (zagrzewania się zielonki) — naturalnie szybciej i więcej powstaje ich w roślinach obficie nawożonych azotem.

Cąkała [12] podaje w ślad za Stoborem (1970) granice tolerancji zawartości azotanów w suchej masie roślin; mało prawdopodobne jest zatrucie azotanami, jeśli pasza uboga w węglowodany zawiera poniżej 0,11%, a bogata w węglowodany — poniżej 0,34% tych związków, natomiast przy ich zawartości 0,11-0,90% zatrucie jest możliwe, a powyżej 0,90% — pewne.

Wpływ nawożenia na zawartość witamin — jak sądzi Goralski — jest raczej pośredni. Witamina A nie występuje jako taka w roślinach, jednak zawierają one karoten, z którego na skutek przemian w organizmie zwierzęcym ta witamina się wytwarza. Brakowi witaminy B w organizmie zapobiega odpowiednio urozmaicony sposób żywienia. Występowanie witaminy C w roślinach jest głównie zależne od nasłonecznienia, jednak zbyt obfite nawożenie azotowe, powodując bujność roślin i zacinienie owoców może powodować (np. u pomidorów) obniżenie zawartości tej witaminy.

Za pomocą nawożenia azotowego — jak podaje Schuphan [53] — można zarówno polepszać jak i pogarszać jakość produktów roślinnych. Przy czym działanie fizjologiczne żadnego ze składników pokarmowych nie jest równe ani nawet podobne do działania azotu i żaden z nich nie wymaga takiej ostrożności w dawkowaniu. Dawki azotu trzeba więc umiejętnie dostosowywać do zapotrzebowania poszczególnych roślin uprawnych.

Obfite nawożenie fosforowe nie wpływa ujemnie na jakość produktów roślinnych, a z reguły podnosi ich wartość odżywczą, zdrowotną i użytkową. Można to obserwować szczególnie na użytkach zielonych o niskiej zawartości fosforu w glebie, gdzie przez stosowanie obfitego nawożenia można wyraźnie zwiększyć zawartość fosforu w roślinach. W niektórych warunkach — jak podaje Schuphan [53] — nawożenie to może zmniejszyć niepożądaną zawartość kwasu szczawiowego w roślinach.

Potas, szczególnie na glebach lżejszych, kwaśnych i ubogich w magnez, powinien być stosowany dosyć ostrożnie. Wskutek antagonistycznego jego działania w stosunku do magnezu, zbyt wysokie dawki mogą powodować obniżenie plonu, a w skrajnych wypadkach — objawy chorobowe u zwierząt.

W dążeniu do uzyskiwania wyższych plonów, drogą intensywnego nawożenia, trzeba więc pamiętać o jego wpływie na jakość produktów roślinnych, do czego tak dużą wagę przywiązywał Voisin [60]. Obok wysokości dawek bardzo ważne jest zachowanie odpowiedniej proporcji między składnikami pokarmowymi — z uwzględnieniem potrzeby wap-

nowania [19], gdyż — jak Schuphan [53] cytuje za Schefferem (1960) — harmonijne nawożenie jest najskuteczniejszym sposobem dalszego zwiększenia plonów nie tylko pod względem ilościowym, ale także jakościowym.

LITERATURA

1. Ansorge H.: Nahrstoffaufnahme und Nahrstoffbilanzen im „Statischen Düngungsversuch“, Lauchstadt nach 60 — jähriger Versuchsdauer. Albreicht - Thaer Archiv. 1965, t. 9 z. 3
2. Awdonin N. S., Stieszkina W. J.: Diejstwije i poslediejstwije raznych doz izwiesti na izmienenije swojstw poczwy, urozaja i kaczestwo sielskochozajstwiennych rastienij. Poczwowiedjenje 1963, nr 9
3. Birecki M., Kaczorek S.: Nawożenie ziemniaków w świetle doświadczeń polowych (1970-1939). Roczn. Nauk rol. ser. A 1955 t. 72 z. 2
4. Biskupski A.: Wartość wypiekowa ziarna żyta na tle doświadczeń odmianowych przeprowadzonych w Polsce w latach 1955-1957, Hod. Rośl. Aklim. 1960, z. 6
5. Black W. N., Cairns R. R.: The effect of varying levels of nitrogen, phosphorus and potassium and manure on the yield and starch content of potatoes. Canad. J. Soil Sc. 1958 t. 38 nr 1
6. Boguszewski W.: Intensyfikacja i efektywność nawożenia. W: Znaczenie wapnowania i nawożenia mineralnego dla intensyfikacji produkcji roślinnej. Materiały na konferencję nauk.-techn. Kielce 1971 WRN i SITR
7. Boguszewski W., Boratyński K., Byczkowski A.: Materiały do oceny efektywności nawożenia mineralnego ważniejszych roślin uprawnych w Polsce na podstawie wyników doświadczeń polowych. Post. Nauk rol. 1962 nr 1
8. Boguslawski E., Gierke K.: Neue Untersuchungen über den Nährstoffentzug verschiedener Kulturpflanzen. Z. Acker u. Pfl.-Bau 1960 t. 112
9. Boguszewski W., Pentkowski A.: Badania nad terminami dokarmiania żyta dodatkowymi dawkami azotu. Cz. 1-2. Pam. puł. 1964 z. 17 1969 z. 37
10. Burczyk H.: Wpływ wzrastających dawek azotu na wysokość i jakość plonu pszenicy ozimej w zależności od gleby, przedplonu i doboru odmiany. Pam. puł. 1969 z. 36
11. Byczkowski A., Jarmusz J.: Wpływ nawożenia potasowego na zawartość azotu w jęczmieniu browarnym. Roczn. Nauk rol. 1936 t. 37
12. Cakała S.: Toksyczność pasz z użytków zielonych intensywnie nawożonych azotem dla zwierząt gospodarskich. Wiad. melior. 1971 nr 7
13. Chojnacki A., Boguszewski W.: Zawartość azotu, fosforu i potasu w głównych roślinach uprawnych w Polsce. Pam. puł. 1971 z. 50
14. Demolon A.: Wzrost i rozwój roślin uprawnych Warszawa 1965 PWRiL
15. Diagnostyka usłowij pitanija rastienij w mnogoletniem polowom opytye. Oprac. Magnickij K. F. i in. Izv. timiriaz. Selskochoz. Akad. 1963 nr 3
16. Dmitrow S.: Wpływ nawożenia na wysokość i jakość plonu ziemniaków. Biul. Inst. Ziem. 1970 nr 5
17. Gajek F.: Potrzeby nawozowe maku. Pam. puł. 1971 z. 49
18. Gajek F.: Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego na wysokość plonów roślin uprawnych oraz niektóre zmiany właściwości chemicznych gleby. Cz. 1.3. Pam. puł. 1970 z. 41,50
19. Gajek F., Małńska H.: Współdziałanie wapnowania z nawożeniem mineralnym. W: Znaczenie wapnowania i nawożenia mineralnego dla intensyfikacji produkcji roślinnej. Materiały na konferencję nauk.-techn. Kielce 1972 WRN i SITP

20. Goralski J.: Potrzeby nawozowe roślin zbożowych i okopowych. Warszawa 1964 PWRiL
21. Goralski J.: Wpływ wzajemny potasu i magnezu na plon lnu włóknistego i zawartość niektórych składników pokarmowych. Roczn. Nauk rol. ser. A 1962 t. 85 z. 2
22. Goralski J., Mercik S.: Działanie wzrastających dawek mocznika stosowanego pogłównie pod zboża. Roczn. Nauk rol. ser. A 1967 t. 93 z. 2
23. Górski M., Mercik S.: Długoletnie doświadczenia z nawożeniem żyta. Post. Nauk rol. 1961 nr 4
24. Górski M., Mercik S.: Wieloletnie doświadczenia z nawożeniem pod ziemniaki. Roczn. glebozn. 1962 t. 12
25. Görlitz H.: Wirkung der Stickstoffdüngung bei Getreide. Albrecht-Thear Archiv 1966 t. 10
26. Hernes O.: Gjodslingsbehov til varkorn i Hedmark og Oppland. Forskning og Forsok i Landbruket 1965 t. 16
27. Hovland D., Caldwell A. C.: Potassium and magnesium relationships in soils and plants. Soil Sc. 1960 t. 89 nr 1
28. Ilin W. F.: Wlijanie dlitielnogo primienienia nawoza i mineralnych udobrienij na supieszczanoj podzolistoj poczwie na urożaj i kaczestwo kartofelja. Wlijanije dlitielnogo primienienia udobrenij na płodorodije poczwy i produktiwnosti siewoobrotow. Moskwa 1960
29. Janson S. J., Torstensson G.: Kvåvegödslingens inverkan på ärtskördens storlek och sammansättning. Kungl. Lantbruksakad. Tidskrift 1955 t. 94
30. Jegorow W. E.: Iz riezultatow połuwiekowego polewogo opyta. Tim. Sielskich. Ak. s udobrienami siewooborotom i monokulturami. Izv. Selskochoz. Akad. 1963 nr 6
31. Klupczyński Z.: Wpływ nawożenia azotowego na zawartość białka i skrobi w ziemniakach. Biul. Inst. Ziem. 1969 nr 4
32. Knauer N.: Einfluss steigender Phosphatgaben auf Boden und Pflanze in langjährigen Düngungsversuchen Z. Acker n. Pfl.-Bau 1965 t. 124 z. 1
33. Koter Z.: Zawartość podstawowych składników mineralnych w zielonej masie żyta w zależności od nawożenia NPK. Pam. puł. 1969 z. 36
34. Kwinichidze M., Byczkowski A.: Wpływ potasu na asymilację azotu i rozwój roślin motylkowych. Roczn. Nauk rol. 1936 t. 37
35. Lewicki S.: Badania nad wartością ziarna zbóż. Prace Laboratorium badania jakościowej wartości zbóż PINGW w Puławach 1932 nr 8; 1933 nr 9 nr 14; 1935 nr 16; 1936 nr 19-20; 1937 nr 21; 1938 nr 22; 1939 nr 23
36. Lityński T.: Jak podnieść skrobiowość ziemniaków za pomocą nawożenia. Nowe Rol. 1960 nr 2
37. Ładziński T., Gajek F., Gajek Z.: Wyniki doświadczeń Zakładu Doświadczalnego Topola-Błonie z lat 1959-1961. Warszawa 1964 Seria ZD (25)
38. Łoginow W.: Wpływ nawożenia na zawartość organicznych i mineralnych form azotu w bulwach ziemniaka. Biul. Inst. Ziem. 1969 nr 4
39. Mac Lean A. J.: Influence of additions of lime to soils on the availability of potassium and other cations for alfalfa. Can. J. Agricult. Sc. 1956 t. 36
40. Mac Kay D. C., Mac Eachern C. R., Bishop R. F.: The relation of soil test values to fertilizer response by the potato. 3. Exchangeable potassium and potassium fertilizer requirements. Can. J. Soil Sc. 1964 t. 44 nr 3
41. Mengel K.: Der Einfluss einer variierten K- und Mg-Düngung auf die Mg-Versorgung und den Mineralstoffgehalt von Lihoraps. Landwirtsch. Forsch. 1960 t. 13

42. Mercik S.: Zawartość składników mineralnych w roślinach w zależności od nawożenia i zmianowania. Roczn. glebozn. 1969 t. 20 z. 2
43. Mosołowa L. W.: Znaczenie sootnoszenia kalia i kalca pri wyraszcziwaniu ozimój pszenicy. Agrochimija 1967 nr 5
44. Mosołow I. W., Wolliejdt I. P.: Wlijanie doz sootnoszenia azota i fosfora na obmien wieszczestw urożaj i kaczestwo zerna jarowej pszenicy. Fizjolog. Rast. 1962 nr 2
45. Nehring K., Wiessemüller W.: Mineraldüngung und Humushaushalt in Ackerböden. Albrecht-Thaer Archiv 1966 t. 10 z. 4
46. Rennie D. A.: Variations in percentage phosphorus and protein content of wheat, as induced by fertilizer treatment, soil type, and season. Can. J. Agricult. Sc. 1956 t. 36
47. Ronzen K.: Langvarige giedslingsforsok pa Statens Forsoksgard Moystad 1922-1963. Forskning of Forsok i Landbruket 1965 t. 16
48. Russell E. J.: Warunki glebowe a wzrost roślin. Warszawa 1958 PWRiL
49. Scharrer K., Mengel K.: Über den Kalium-Magnesium Antagonismus bei Mais und Sonnenblumen. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 1958 t. 83 z. 1
50. Schmidt F., Bochniarz J., Bukowski W.: Przydatność dla owiec siana traw nawożonych różnymi dawkami azotu. Pol. Arch. wet. 1970 nr 3
51. Schmitt L.: Wirkung der Thomasphosphatdüngung in den ältesten Feld- und Wiesendüngungsversuchen 1900-1965 Die Phosphorsäure 1967 t. 27 nr 1/2
52. Schnieder E.: Über die Bedeutung der organischen Düngung für den kartoffelertrag des leichten Bodens. Albrecht-Thaer Archiv 1970 t. 14 z. 9
53. Schuphan W.: Jakość produktów pochodzenia roślinnego. Warszawa 1966 PWRiL
54. Selke W.: Właściwe wykorzystanie nawozów mineralnych w NRD. Międzyn. Czas. rol. 1957 nr 2
55. Stocker K., Gericke S.: Wirkung langjähriger Phosphatdüngung auf Acker- und Grünland. Die Phosphorsäure 1967 t. 27 nr 3/6
56. Stuczyński E.: Wpływ nawożenia azotem na wysokość i jakość plonu kupkówki (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej na paszę. Pam. puł. 1969 z. 36
57. Szczepański K.: Wyniki wieloletnich doświadczeń nawozowych z owsem i jęczmieniem. Roczn. Nauk rol. ser. A 1963 t. 87 z. 2
58. Szukalski H., Zembaczyńska A.: Wpływ stosowania potasu, wapnia i magnezu na kształtowanie się plonów i zawartość tych kationów w roślinach. Pam. puł. 1967 z. 24
59. Vetter H., Teuteberg W.: Liegt die optimale Stickstoffgabe für Winterweizen bei der Lagergrenze? Z. Acker n. Pfl.-Bau 1967 t. 126 z. 2
60. Voisin A.: Nawożenie a nowe prawo naukowe. Warszawa 1967 PWRiL
61. Wicke H. J.: Wirkung hoher Kaliumgaben auf den Ertrag und einige Qualitätsmerkmale landwirtschaftlicher Kulturpflanzen (Ergebnisse von Feldversuchen). Albrecht-Thaer Archiv 1968 t. 12 z. 10
62. Wicke H. J.: Wirkung hoher Kaliumgaben auf Ertrag und Nährstoffgehalt von Gefässpflanzen. Albrecht-Thaer Archiv 1968 t. 12 z. 10
63. Wyniki doświadczeń polowych z wysokimi dawkami azotu, fosforu i potasu, prowadzonych w Państwowych Technikach Rolniczych. Oprac. M. Adamus i in. Cz. 1-3. Pam. puł. 1967 z. 37, 1970 z. 41