

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA PRODUKCJI BIAŁKA DROGĄ INTENSYFIKACJI NAWOŻENIA AZOTEM

Zbyszko Tuchołka, Kazimierz Lehmann

Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej
Akademii Rolniczej w Poznaniu

W poszukiwaniu źródeł zwiększenia produkcji białka pastewnego intensyfikacja nawożenia azotem roślin pastewnych może odegrać niepoślednią rolę. Próby hodowli odmian o podwyższonej zawartości białka jak dotąd nie dają znacznych wyników. Zwiększenie dawek azotu podnosi procentową zawartość białka w ziarnie zbóż do kilku procent, w paszach zaś zielonych jeszcze znacznie.

Przyrost zawartości białka w roślinach intensywnie nawożonych azotem musi być rozpatrywany z punktu widzenia możliwości zmian składu chemicznego masy roślinnej, rzutujących na jej wartość pastewną. Ze stanu wiedzy w tej dziedzinie wynika, że zmiany te mogą być wielokierunkowe, o różnym znaczeniu dla jakości paszy. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie niektórych aspektów tego zagadnienia w oparciu o badania własne, piśmiennictwo i nadesłane referaty.

WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM NA ZAWARTOŚĆ I SKŁAD BIAŁKA W ZIARNIE ZBÓŻ

Nawożenie azotem daje w naszych warunkach najczęściej zwyżki plonów ziarna zbóż. Równocześnie z reguły następuje podwyższenie procentowej zawartości azotu w ziarnie. W wyniku tego, przyrost plonu białka surowego, przy zwiększaniu dawek azotu, jest szybszy aniżeli przyrost masy plonu ziarna. Rozmiary tych różnic można zilustrować wynikami naszych doświadczeń [29]. W liczbach średnich uzyskiwano w nich wzrost plonów ziarna pod działaniem dawki 50 kg N/ha średnio 30-40%, przy dawce 100 kg N/ha od 40 do blisko 60% plonu kontrolnego; natomiast przyrost plonu białka osiągnął odpowiednio: od 40 do z górą 160 i od 160 do prawie 200% (plonu kontrolnego). U wszystkich 4 zbóż różnice,

między przyrostem plonu ziarna a przyrostem plonu białka, są większe przy wyższej dawce azotu, a także przy stosowaniu saletry amonowej, w porównaniu do mocznika (tab. 1). Podobne wyniki można przytoczyć z literatury polskiej [5, 13, 22, 28], wybrane według różnego poziomu plonów (tab. 2). We wszystkich przypadkach potwierdza się zatem szybszy przyrost plonu białka aniżeli plonu ziarna, powodowany zwiększaniem się procentowej zawartości azotu w ziarnie, pod działaniem wzrastających dawek N. Jeżeli w wyniku zwiększania dawki azotu nastąpiło obniżenie plonu ziarna, to i tak plon białka przyrasta (jęczmień [22, 28]). Przykładów takich można by przytoczyć więcej.

T a b e l a 1

Wpływ nawożenia azotem zbóż na przyrost plonów ziarna i białka (badania własne) [29]

Roślina	Rodzaj nawozu	Liczba doświad- czeń	Nawożenie azotem kg N/ha					
			0			100		
			plony w liczbach względnych					
			ziarno			białko surowe		
Pszenica	saletra amonowa	8	100	141	155	100	167	196
			(2,44)			(236)		
	mocznik			135	148		156	186
Żyto	saletra amonowa	8	100	137	159	100	154	189
			(2,71)			(258)		
	mocznik			131	144		145	167
Jęczmień	saletra amonowa	8	100	143	158	100	152	183
			(2,58)			(242)		
	mocznik			143	153		147	176
Owies	saletra amonowa	8	100	132	145	100	146	171
			(2,28)			(258)		
	mocznik			130	141		141	163

Wartości podane w nawiasach oznaczają plony suchej masy w t/ha i białka surowego w kg/ha.

W piśmiennictwie zwraca się już od dość dawna uwagę, że zwiększenie procentowej zawartości azotu w ziarnie (pod działaniem wzrastających dawek N) pociąga za sobą zmiany w składzie związków azotowych. Najczęściej tłumaczy się je naruszeniem stosunku poszczególnych frakcji białek [7, 10]. Powodują one zwykle obniżenie wartości biologicznej białka na skutek spadku udziału aminokwasów egzogennych w białku.

Na ogół stwierdza się, iż wraz ze wzrostem procentowej zawartości azotu w ziarnie zbóż (wywołanym zwiększaniem dawek azotu) zmniejsza się w białku surowym udział — lizyny, waliny, treoniny, argininy, alaniny, glicyny i kwasu asparaginowego; natomiast zwiększa się zawar-

Tabela 2

Wpływ nawożenia azotem na przyrost plonów ziarna i białka
(według różnych autorów)

Roślina	Liczba doświadczeń	Plony w liczbach względnych						Autor
		ziarno			białko surowe			
		N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀	N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀	
Pszenica	3	100 (3,63)	109	113	100 (521)	112	122	Z. Tuchołka, A. Czekalski [28]
Jęczmień	2	100 (3,64)	105	104	100 (465)	109	112	
		N ₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	
Pszenica	3	100 (2,04)	151	174	100 (212)	166	208	H. Burczyk [5]
Żyto	3	100 (2,36)	145	174	100 (215)	158	210	
		N ₀	N ₆₀	N ₉₀	N ₀	N ₆₀	N ₉₀	
Pszenica	3	100 (3,25)	121	128	100 (335)	132	162	Z. Klupczyński [13]
Żyto	3	100 (1,90)	136	160	100 (129)	150	201	
		N ₇₀	N ₁₀₀	N ₁₃₀	N ₇₀	N ₁₀₀	N ₁₃₀	
Jęczmień	3	100 (3,63)	102	98	100 (496)	103	111	A. Myszka i in. [22]

Wartości podane w nawiasach oznaczają plony suchej masy w t/ha i białka surowego w kg/ha.

tość w białku kwasu glutaminowego, fenyloalaniny i leucyny [31]. Jest to wynikiem tego, że przy stosowaniu późnych dodatkowych dawek azotu, wpływających znacznie na podwyższenie procentu azotu w ziarnie zbóż, mało zmienia się zawartość białek konstytucyjnych (albuminy i globuliny), a wzrasta ogólna zawartość zapasowych form białka (prolaminy i gluteliny) w bielmie [20]. Glutelina jest stosunkowo bogata w lizynę (2-3% w białku), natomiast zawartość lizyny w prolaminach jest bardzo niska (0,8%) [21]. Ponieważ w ziarnie pszenicy i jęczmienia wzrost zawartości białka surowego polega głównie na przyroście ubogich w lizynę prolamin, przeto równocześnie zachodzi obniżenie się wartości biologicznej białka w ziarnie [11, 20].

Zwraca się również uwagę na wpływ warunków ekologicznych na biologiczną wartość białka ziarna zbóż [24]. Stąd wynika potrzeba badania tej zależności w różnych warunkach glebowo-klimatycznych, a także u poszczególnych gatunków i ich odmian.

W badaniach własnych oznaczano zawartości aminokwasów egzogennych w białku ziarna pszenicy (odmiana „Grana”) i jęczmienia jarego (odmiana „Aramir”), przy wzrastających dawkach azotu w doświadczeniach polowych (tab. 3). W miarę zwiększenia dawek azotu uzyskano dość znaczne zróżnicowanie procentowej zawartości azotu w ziarnie pszenicy, mniejsze zaś w ziarnie jęczmienia jarego. Jednocześnie stwierdzono

Tabela 3

Zawartość aminokwasów w ziarnie pszenicy i jęczmienia, mg/1 g N (badania własne)

Aminokwasy	Pszenica			Jęczmień		
	N ₀	N ₈₀	N ₁₆₀	N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀
Egzogenne						
Lizyna	139	120	102	192	166	155
Metionina	67	60	50	62	56	52
1/2 cystyna	101	91	80	99	90	83
Arginina	239	205	174	237	234	198
Treonina	140	138	120	163	158	155
Walina	218	200	197	279	259	242
Histydyna	138	138	97	102	91	91
Tyrozyna	100	93	63	95	90	84
Leucyna	358	358	354	366	374	369
Izoleucyna	179	180	179	190	186	180
Fenyloalanina	185	189	199	220	224	235
Razem	1864	1762	1615	2005	1928	1844
Suma 6 aminokwasów endogennych	3120	3155	3230	2938	3114	3236
Razem	4984	4917	4845	4943	5042	5080
Procent N						
w ziarnie	2,12	2,29	2,57	1,95	2,01	2,05
EAA INDEKS	50,3	46,5	41,8	52,7	49,2	45,3

obniżanie udziału w 1 g azotu ogólnego: lizyny, metioniny, cystyny, argininy, treoniny i waliny; w mniejszym stopniu: histydyny i tyrozyny. Leucyna i izoleucyna nie wykazywały istotnych zmian, natomiast udział fenyloalaniny w 1 g N wzrastał. Wraz z podwyższaniem dawek N w nawozach suma 11 aminokwasów egzogennych w 1 g N zmniejszała się, natomiast suma aminokwasów endogennych wzrastała.

Obliczona wg Osera wartość biologiczna białka (Essential-Amino-Acid-Index = EAA) wyraźnie malała przy zwiększaniu dawek azotu w nawozach. Występuje to w ziarnie obu zbóż, w większych rozmiarach u pszenicy ozimej aniżeli u jęczmienia jarego.

Wartość biologiczna białka paszowego ma znaczenie głównie w żywieniu nieprzeżuwaczy, zatem trzody chlewnej i drobiu. Poglądy na ten

temat nie pokrywają się. Wyniki tego rodzaju badań mogą być zresztą różne, zależnie od ras zwierząt, zestawu i składu innych pasz itp. W naszym kraju nie prowadzi się studiów w tym zakresie. Dlatego nie można ocenić, o ile spadek wartości biologicznej białka, jaki stwierdziliśmy w naszych badaniach, może wpłynąć na pogorszenie produkcji zwierząt. W niektórych krajach uzyskuje się jednak interesujące wyniki, pozwalające ocenić znaczenie omawianego zagadnienia.

W tabeli 4 podano (w skrócie) wyniki badań, wykonanych w RFN [12]. W doświadczeniach tych żywiono trzodę chlewną jęczmieniem o niskiej zawartości białka (jęczmień I), z wysokim udziałem koncentratu sojowego, zawierającego duże ilości lizyny w białku. Drugą grupę zwierząt żywiono większą dawką jęczmienia, o podwyższonej zawartości białka uzyskanej drogą dodatkowych późnych dawek azotu, ale o zmniejszonej

Tabela 4

Tucz trzody chlewnej jęczmieniem o podwyższonej zawartości białka [12]

	Skład komponentów paszy w %	
	białko	lizyna w białku
Jęczmień I	12,2	3,63
Jęczmień II	14,5	3,50
Koncentrat sojowy	48,0	7,65

	Dawki komponentów w paszy (zawartość w 100 g paszy)					
	komponenty	1. faza		2. faza		
		białko	lizyna	komponenty	białko	lizyna
			I grupa zwierząt*			
Jęczmień I	78,9	9,62	0,35	86,9	10,6	0,38
Koncentrat sojowy	21,0	10,08	0,77	13,0	5,2	0,40
Razem	99,9	19,70	1,12	99,9	15,8	0,78
			II grupa zwierząt*			
Jęczmień II	83,9	12,16	0,42	98,3	15,25	0,53
Koncentrat sojowy	16,0	7,65	0,58	—	—	—
Razem	99,9	19,81	1,00	98,3	15,25	0,53

* Dzienny przyrost żywej wagi w grupie I zwierząt — 647 g, w grupie II — 612 g.

szanej zawartości lizyny w białku. Ta grupa zwierząt otrzymywała zmniejszone ilości koncentratu sojowego. Obie grupy zwierząt dostawały w dawce paszy jednakowe ilości białka surowego.

Wyniki, wyrażone średnim przyrostem dziennym żywej wagi, wskazują, że zastąpienie białka koncentratu sojowego — o dużej zawartości

lizyny, białkiem jęczmienia — o niskiej zawartości lizyny, zmniejszyło dość znacznie dzienne przyrosty przy tuczu trzody chlewnej. Autor tej pracy przypisuje gorsze działanie białka jęczmienia zmniejszeniu ilości lizyny, jaką otrzymywały zwierzęta II grupy.

Różnice w ilości lizyny, jaką otrzymywały obie grupy zwierząt, są dość znaczne, ponieważ wynoszą: w I fazie tuczu 8,9⁰/₀, w II fazie tuczu 64⁰/₀. W sumie II grupa zwierząt otrzymywała około 20⁰/₀ mniej lizyny, aniżeli grupa I. Jeśli zwrócić uwagę, że w naszych badaniach zawartość lizyny w białku ziarna pszenicy zmniejszyła się pod działaniem wysokiej dawki, 160 kg N/ha o 26⁰/₀, w porównaniu do kombinacji kontrolnej, a w porównaniu do dawki 80 kg N/ha o 15⁰/₀, trzeba przyjąć, że zmiany zawartości lizyny w białku ziarna mogą odbić się w sposób istotny na przyrostach w tuczu zwierząt. W ziarnie jęczmienia różnice te są mniejsze, wynoszą dla skrajnych dawek azotu — 20⁰/₀, a między dawkami 120 i 60 kg N/ha — 7⁰/₀.

Konkludując można przyjąć, że mamy możliwości zwiększenia produkcji białka w paszach stosowanych w żywieniu nieprzeżuwaczy drogą intensyfikacji nawożenia azotem. Trzeba się jednak liczyć z tym, że białko uzyskane tą drogą w ziarnie zbóż posiada zmniejszoną wartość biologiczną, co może ograniczyć produktywność zwierząt. Nie mamy jednak dotąd wyraźnego obrazu, jakie są rozmiary tych zależności. Należy postulować zorganizowanie odpowiednio szeroko zakrojonych badań przy współpracy nawozowców z żywieniowcami.

WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONY I ZAWARTOŚĆ BIAŁKA W CZĘŚCIACH WEGETATYWNYCH ROŚLIN PASTEWNYCH

W uprawie roślin pastewnych, gromadzących azot w organach wegetatywnych, istnieje możliwość znacznego ich wzbogacenia w białko poprzez intensywne nawożenie azotowe. Przy niskich dawkach N rośliny zużywają ten składnik na budowę masy i zmiany składu chemicznego nie dają się jeszcze zauważyć. Dopiero wysokie dawki azotu zmieniają w istotnym rozmiarze plony i zawartość białka w roślinach pastewnych. Potwierdzają to wyniki wieloletnich badań zebrane w tabeli 5. Wraz ze zwiększeniem dawki azotu plony suchej masy żyta poplonowego wznoszą się ponad dwukrotnie; natomiast plony białka surowego, w tych samych warunkach, osiągają znacznie wyższy przyrost: z reguły ponad 3-, a nawet 4-5-krotny. Nieco mniejszym nasileniem wzrostu w stosunku do białka surowego odznacza się plon białka właściwego: 3-4-krotny.

Imponujące są przyrosty plonu suchej masy i białka żyta poplonowego oraz produktywność azotu zestawione w tabeli 6. Prawidłowo kształ-

Tabela 5

Plony suchej masy i białka żyta poplonowego

Dawka azotu kg N/ha	Wartości względne			Autor
	sucha masa	białko surowe	białko właściwe	
0	100 (2,16)	100 (207)	—	R. Breternitz [2]
40	152	184	—	
80	188	257	—	
120	209	322	—	
160	214	357	—	
0	100 (1,54)	100 (144)	100 (82)	H. Burczyk i in. [3]
80	183	264	268	
160	210	366	355	
240	223	434	409	
0	100 (1,70)	100 (197)	100 (121)	J. Górny (8)
40	147	170	168	
80	168	226	258	
120	200	309	321	
160	218	264	312	
0	100 (1,82)	100 (155)	100 (117)	R. Wojtowska [30]
80	183	270	255	
160	217	406	361	
240	223	504	423	

Wartości podane w nawiasach oznaczają plony suchej masy w t/ha i białka surowego oraz właściwego w kg/ha.

tuje się spadek przyrostu plonu w warunkach wyższych dawek azotu. Obliczana z doświadczeń produktywność azotu jest wysoka i wynosi od 28 do około 1 kg suchej masy i ponad 4-1 kg białka surowego na 1 kg zastosowanego N. To obniżanie się produktywności azotu, w stosunku do masy plonu i białka w miarę zwiększania dawek, jest ogólnie znane z literatury krajowej i zagranicznej. Na uwagę zasługuje utrzymujący się duży przyrost białka surowego przy wysokich dawkach azotu, a więc wtedy, kiedy już przyrost suchej masy jest znikomy. Znane są badania krajowe [23], w których plony roślin maleją wskutek nadmiaru azotu, przy równoczesnym procentowym przyroście tego składnika w roślinach.

W doświadczeniach z nawożeniem azotowym żyta poplonowego w NRD [9], podobnie jak w Polsce, wzrasta zawartość białka surowego w masie wegetatywnej o 1,5% przy dawce 80 kg N/ha i aż o 3,1% przy dawce 120 kg N/ha.

Kukurydza silosowa należy do roślin produkujących bardzo dużo suchej masy, a w mniejszym rozmiarze białka (tab. 7). Roślina ta dostarcza przede wszystkim węglowodanów, a więc podstawowego materiału energetycznego. Także wysokie dawki azotu wpływają istotnie na plony

Tabela 6

Przyrost plonu suchej masy i białka żyta poplonowego oraz produktywność azotu w stosunku do poprzedniej dawki

Dawka azotu kg N/ha	Sucha masa t/ha	Białko surowe kg/ha	Białko właściwe kg/ha	Produktywność 1 kg N			Autor
				sucha masa kg	białko surowe kg	białko właściwe kg	
40	1,13	173	—	28,3	4,3	—	R. Breternitz [2]
80	0,78	151	—	19,5	3,8	—	
120	0,45	133	—	11,2	3,3	—	
160	0,11	173	—	2,7	1,8	—	
80	1,28	236	138	16,0	3,0	1,7	H. Burczyk i in. [3]
160	0,41	147	71	5,1	1,8	0,9	
240	0,20	98	44	2,5	1,2	0,6	
40	0,80	138	82	20,0	3,4	2,1	J. Górny [8]
80	0,36	111	109	9,0	2,8	2,7	
120	0,54	163	76	13,5	4,1	1,9	
160	0,30	—89	—11	7,5	—2,2	—0,3	
80	1,51	263	181	18,9	3,3	2,3	R. Wojtowska [30]
160	0,62	110	125	7,7	1,4	1,5	
240	0,11	252	72	1,4	3,2	0,9	

Plony suchej masy, białka surowego i właściwego z kombinacji bez azotu podano w tab. 5.

Tabela 7

Plony suchej masy i białka kukurydzy silosowej

Dawka azotu kg N/ha	Wartości względne			Autor
	sucha masa	białko surowe	białko właściwe	
0	100 (5,17)	100 (417)	100 (391)	Z. Barszczak [1]
75	130	150	146	
150	143	174	167	
300	151	191	184	
0	100 (8,69)	100 (265)	—	E. Primost [25]
80	144	190	—	
160	177	271	—	
240	181	290	—	
320	192	314	—	
400	202	359	—	

Objaśnienia jak w tab. 5.

suchej masy, powodując 1,5-2-krotne jej zwiększenie, w porównaniu do kombinacji kontrolnej (bez azotu). Wzrost plonu białka kukurydzy pod wpływem nawożenia azotowego jest znacznie wyższy niż suchej masy i niewiele ustępuje wzrostowi wykazanemu u żyta poplonowego. Impo-

nujący jest przyrost suchej masy zamieszczony w tabeli 8. Wskutek wysokich plonów tej rośliny, przyrost białka jest również duży i wydaje się, że zbyt mało doceniany przez rolników uważających kukurydzę za roślinę o niskiej zawartości białka. Produktywność azotu, mierzona przyrostem białka kukurydzy, jest wprawdzie mniejszą w porównaniu z żytem poplonowym, ale zasługuje także na uwagę.

Tabela 8

Przyrost plonu suchej masy i białka kukurydzy oraz produktywność azotu w stosunku do poprzedniej dawki

Dawki azotu kg N/ha	Sucha masa t/ha	Białko		Produktywność 1 kg N			Autor
		surowe kg/ha	właściwe kg/ha	sucha masa kg	białko		
					surowe kg	właściwe kg	
75	1,55	209	180	20,9	2,8	2,4	Z. Barszczak [1]
150	0,67	100	82	8,9	1,3	1,1	
300	0,42	70	66	2,8	0,5	0,4	
80	3,82	237	—	47,7	3,0	—	E. Primost (25)
160	2,87	215	—	35,9	2,7	—	
240	0,35	50	—	4,4	0,6	—	
320	0,95	64	—	11,9	0,8	—	
400	0,79	119	—	9,9	1,5	—	

Plony suchej masy, białka surowego i właściwego z kombinacji bez azotu podano w tab. 7.

Ogromna liczba polskich doświadczeń z intensywnym nawożeniem trwałych użytków zielonych i roślin w uprawie polowej, potwierdziła jednoznaczny i bardzo wysoki wpływ N na przyrost plonu i zawartość białka. Ilustrują to niektóre wyniki badań z kupkówką zamieszczone w tabeli 9. Plony siana tej trawy i kostrzewy łąkowej są ponad 2-krotnie wyższe w miarę wzrostu dawki azotu, natomiast białka surowego aż ponad 4-krotnie. Przy bardzo wysokich dawkach azotu plony kupkówki wzrastają 4-krotnie, zaś białka surowego ponad 6-krotnie. Stąd też przyrost plonu siana i białka surowego oraz produktywność azotu są bardzo wysokie, co potwierdzają wyniki zamieszczone w tabeli 10. Znamienna jest różnica w plonach pomiędzy gatunkami — z wyraźnie lepszym plonowaniem kupkówki. Zastosowane dawki azotu w doświadczeniach Stuczynskiego [27] są bardzo wysokie i wskazują na ogromne możliwości wzrostu plonu suchej masy i białka surowego pod wpływem nawożenia azotowego.

Działanie nawożenia azotowego na plony bulw jest stosunkowo dobrze poznane i na ogół wiadomo, że dawka azotu przekraczająca 120 kg N/ha w niewielkim już stopniu podnosi ich plon. Potwierdzają to wyniki

Tabela 9

Plony siana, suchej masy i białka surowego w uprawie polowej traw

Gatunek trawy	Dawka azotu kg N/ha	Wartości względne		Autor
		siano	białko surowe	
Kupkówka	0	100 (3,65)	100 (287)	H. Burczyk i in. [4]
	120	185	257	
	240	228	400	
	360	265	488	
Kostrzewa łąkowa	0	100 (2,52)	100 (199)	H. Burczyk i in. [4]
	120	178	253	
	240	203	373	
	360	222	454	
Kupkówka	0	100 (3,47)*	100 (404)	E. Stuczyński i in. [27]
	360	380	508	
	740	401	644	
	1080	389	695	

Wartości podane w nawiasach oznaczają plony siana i suchej masy w t/ha oraz białka surowego w kg/ha.

* Sucha masa.

Tabela 10

Przyrost plonu siana, suchej masy i białka surowego oraz produktywność azotu w uprawie polowej traw w stosunku do poprzedniej dawki

Gatunek trawy	Dawka azotu kg N/ha	Siano t/ha	Białko surowe kg/ha	Produktywność 1 kg N		Autor
				siano kg	białko surowe kg	
Kupkówka	120	3,10	451	25,8	3,8	H. Burczyk i in. [4]
	240	1,58	410	13,2	3,4	
	360	1,35	253	11,2	2,1	
Kostrzewa łąkowa	120	1,97	304	16,4	2,5	H. Burczyk i in. [4]
	240	0,64	239	5,4	2,0	
	360	0,47	161	3,9	1,3	
Kupkówka	360	9,72	1648	27,0	4,6	E. Stuczyński i in. [27]
	720	0,72	550	2,0	1,5	
	1080	-0,41	198	-1,1	0,6	

Plony siana, suchej masy i białka surowego z kombinacji bez azotu podano w tab. 9.

zamieszczone w tabeli 11. Podobnie jak u innych roślin, wzrost plonu białka surowego pod wpływem intensywnego nawożenia azotem jest znacznie wyższy niż plonu bulw i skrobi. Przyrost plonu bulw i skrobi (tab. 12) jest dodatnio skorelowany z dawką azotu do 120 kg N/ha, natomiast powyżej tej granicy następuje wyraźny spadek plonu. Produktywność azotu w stosunku do białka jest u ziemniaków niższa niż u in-

nych roślin, ale może także przekraczać 2 kg białka na 1 kg N. Stąd w ogromnej masie zbieranych w kraju ziemniaków są ukryte rzeczywiście poważne ilości białka, naszym zdaniem jeszcze niedoceniane.

W bilansie białka pastewnego nie można pominąć liści buraków cukrowych, które według doświadczeń w warunkach intensywnego nawożenia azotowego osiągają plon białka na poziomie 1000 kg i więcej z ha. Przyrost plonu białka surowego liści buraków cukrowych wywołany na-

Tabela 11

Plony bulw ziemniaków i białka

Dawka azotu kg N/ha	Rodzaj plonu	Wartości względne			Autor
		plon	białko surowe	białko właściwe	
0	skrobia	100 (3,94)	100 (350)	—	W. Łoginow i in. [18]
60		128	149	—	
120		135	179	—	
180		124	197	—	
0	bulwy	100 (27,9)	100 (536)	100 (318)	T. Mazur i in. [19]
40		114	113	115	
80		126	138	135	
120		129	151	143	
160		125	158	146	
200		123	162	152	

Wartości podane w nawiasach oznaczają plony skrobi i bulw w t/ha oraz białka surowego i właściwego w kg/ha.

Tabela 12

Przyrost plonu skrobi i bulw ziemniaków oraz produktywność azotu w stosunku do poprzedniej dawki

Dawka azotu kg N/ha	Rodzaj plonu	Plon t/ha	Białko		Produktywność w kg N			Autor
			surowe kg/ha	właściwe kg/ha	sucha i świeża masa kg	białko surowe kg	właściwe kg	
60	skrobia	1,10	172	—	18,3	2,9	—	W. Łoginow i in. [18]
120	(sucha	0,28	104	—	4,7	1,7	—	
180	masa)	—0,43	63	—	—7,2	1,1	—	
40	bulwy	3,8	70	48	95,0	1,8	1,2	T. Mazur i in. [18]
80	(świeża	3,4	134	63	85,0	3,4	1,6	
120	masa)	0,8	69	26	20,0	1,7	0,6	
160		—1,1	38	9	—27,5	1,0	0,2	
200		—0,6	21	19	—15,0	0,5	0,5	

Plony skrobi, bulw, białka surowego i właściwego z kombinacji bez azotu podano w tab. 11.

wożeniem azotowym wynosi: 274 kg/ha przy dawce 120 kg N/ha oraz 219 kg/ha przy dawce 240 kg N/ha (dane uzyskane z Zakładu Roślin Korzeniowych IHAR Bydgoszcz).

Intensywne nawożenie azotem może powodować w częściach wegetatywnych roślin znaczne nagromadzenie się azotu azotanowego. Skarmianie takiej paszy wywołuje z reguły objawy chorobowe u przeżuwa- czy, prowadząc do ostrych zatruc zwierząt — kończących się często śmiercią. To gromadzenie się azotanów uzależnione jest od szeregu czyn- ników: dawki i formy nawozu azotowego, wieku rośliny, warunków gle- bowo-klimatycznych i innych [9]. Poziom zróżnicowania zawartości azo- tanów w organach wegetatywnych, niektórych roślin z doświadczeń kra- jowych, ilustruje tabela 13. W grupie roślin pastewnych intensywnie

Tabela 13

Wahania zawartości azotanów w masie wegetatywnej roślin

Dawka azotu kg N/ha	Roślina	N-NO ₃ w % p.s.m.	Autor
0—240	żyto poplonowe	0,051—0,217	H. Burczyk i in. [3]
69—93	„	0,120—0,272	K. Lehmann [17]
0—240	„	0,001—0,269	R. Wojtkowska [30]
0—1080	kupkówka w uprawie polowej	0,050—0,760	E. Stuczyński i in. [27]
120—480	ruń pastwiskowa	0,024—0,350	M. Koter i in. [14]
0—320	ruń pastwiskowa górską	0,049—0,105	E. Filak i in. [6]
150—160	kukurydza silosowa		
	kolby z liśćmi	0,053—0,084	K. Lehmann [15]
	liście + łodygi	0,118—0,243	
120	rzepik ozimy w fazie kwitnienia	0,320—0,650	K. Lehmann i in. [16]

nawożonych azotem tylko kukurydza silosowa nie wykazuje skłonności do gromadzenia azotanów (wysoki plon i związany z tym "efekt roz- cieńczenia" składnika, długi okres wegetacyjny, duża i korzystna zawar- tość węglowodanów). W grupie roślin krzyżowych, przeznaczonych na zieloną paszę, nadmiarem azotanów odznacza się rzepik ozimy — użyt- kowany w okresie kwitnienia [16]. Wskutek nadmiernego gromadzenia się azotanów w roślinach krzyżowych, w NRD, wyeliminowano gorczycę białą z uprawy na paszę [26].

Przytoczone tu wyniki badań świadczą dobitnie o bardzo dużym wpły- wie intensywnego nawożenia azotem na produkcję białka roślinnego. Przyrost plonu białka surowego, w mniejszym stopniu właściwego, jest znacznie większy niż suchej masy reprezentowanych tu roślin upraw- nych. Stąd intensywne nawożenie azotowe będzie jeszcze długo podsta- wowym elementem w zwiększaniu produkcji białka roślinnego. Istnieje jednak pilna potrzeba ściślejszej niż dotychczas współpracy pomiędzy

chemikami rolnymi a specjalistami z zakresu żywienia zwierząt, dla pełniejszego porównania oceny wartości pastewnej masy roślinnej o tak bardzo zróżnicowanym składzie chemicznym. Dopiero wyniki tych wspólnych badań mogą dokładniej określić potrzeby i granice zwiększania produkcji białka poprzez intensywne nawożenie azotowe roślin przeznaczonych na paszę.

LITERATURA

1. Barszczak Z.: Badania nad reakcją odmian kukurydzy pastewnej na nawożenie azotowe. Cz. II. Zawartość i plon związków azotowych, karotenu, tłuszczu i włókniaka. *Hod. Rośl. Aklim.*, 15, 6, 1971.
2. Breternitz R.: Stickstoffdüngung zu Grünfütterroggen als Winterzwischenfrucht. *Albrecht-Thaer-Archiv.*, 10, 2, 1966.
3. Burczyk H., Lehmann K., Tuchołka Z., Wilczek A.: Nawożenie poplonów ozimych jako czynnik intensyfikacji oraz wzrostu produkcji rolniczej. Cz. II. Plon żyta i zawartość niektórych składników w zależności od terminu zbioru, formy nawozu i dawki azotu. *Pam. puł.*, 42, 1971.
4. Burczyk H., Cwojdzński W.: Wstępne badania nad wpływem nawożenia traw wysokimi dawkami azotu na plon zielonej i suchej masy oraz białka surowego. *Pam. puł.*, 24, 1067.
5. Burczyk H., Cwojdzński W.: Wstępne badania nad wpływem nawożenia traw pszenicy ozimej w zależności od gleby, przedplonu i doboru odmiany. *Pam. puł.*, 36, 1969.
6. Firek E., Trojan E.: Wpływ nawożenia azotem na plony białka i zawartość N-NO₃ w runi pastwiska górskiego, *Zesz. probl. Post. Nauk rol.*, 1978.
7. Fowden L.: The amino acid and protein composition of plants. C. Long.: *Biochemists Handbook* F. N. Spon LDT, London 1961.
8. Górny J.: Wpływ terminu siewu i dawek azotu na plon zielonej masy żyta i jego jakość. *Biul. inf. Zakł. Sielinko*, 1972.
9. Görlitz H., Koriath H., Rinno G., Specht G.: Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf Rohproteingehalt und Ertrag sowie andere Qualitätseigenschaften der Ernteprodukte. *Die Deutsche Landwirtschaft*, 4, 1967.
10. Gunthardt M., Mc Ginnis J.: Effect of nitrogen fertilization on amino acids in whole wheat. *J. of Nutrition*, 61, 1957.
11. Günzel G.: Proteinfraktionen des Weizenmehles in Abhängigkeit von Herkunft. Sorte und später N-Düngung, *Ztschr. f. Acker- u. Pflanzenbau*, 114, 1962.
12. Hoppenbrock K. H.: Schwiemast mit proteinreicher Gerste. *Der Stickstoff*, 11, 1976.
13. Klupczyński Z.: Wpływ nawożenia azotowego na plon żyta i pszenicy ozimej oraz zawartość i skład białka w ziarnie. *Pam. puł.*, 24, 1967.
14. Koter M., Krause A., Kwiatkowski S.: Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego na produkcję białka w runi pastwiskowej. *Zesz. probl. Post. Nauk rol.*, 1978.
15. Lehmann K.: Die Wirkung hoher Minereraldüngung auf die wichtigsten Stickstoff-Fraktionen, insbesondere Nitrat-N, in Futterpflanzen, *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.*, 21, Berlin 1977.

16. Lehmann K., Matysiak Z.: Plon i skład chemiczny zielonki krajowych odmian rzepiku ozimego uprawianych w poplonie ozimym. Biul. Oceny Odmian, 1, 5, 1974.
17. Lehmann K.: Zawartość niektórych form azotu oraz fosforu, potasu, magnezu, wapnia i sodu w zielonej masie żyta poplonowego. RNR, seria A, 97, 1971.
18. Łoginow W., Klupczyński Z.: Badania nad intensywnym nawożeniem mineralnym ziemniaków. Cz. II. Wpływ nawożenia na zawartość i plon skrobi i białka. Pam. puł., 37, 1969.
19. Mazur T., Krefft L., Ciećko Z.: Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na plon i zawartość białka w bulwach czterech nowych odmian ziemniaka. Zesz. probl. Post. Nauk rol., 1978.
20. Michael G., Blume B., Faust H.: Die Eiweissqualität von Körner verschiedener Getreidearten in Abhängigkeit von Stickstoffversorgung und Entwicklungsstand. Z. f. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk., 2, 92, 1961.
21. Michael G., Blume B.: Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Zusammensetzung des Gerstenkornes. Z. f. Pflanzenernähr. Düngung u. Bodenk., 88, 1960.
22. Myszka A., Ginalski J., Filipek P., Ochał J.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na plon białka produkowanego przez jęczmień na glebie lessowej. Zesz. probl. Post. Nauk rol.
23. Nowacki E., Weznikas T.: Wpływ wysokiego nawożenia azotowego na jakość plonu roślin pastewnych. Pam. puł., 64, 1975.
24. Postel W.: Der Einfluss genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweisshaushalt von Sommergerstencaryopsen unter besonderer Berücksichtigung der exogenen Aminosäuren. Züchter, 26, 1956.
25. Primost E.: Ertrag und Qualität von Silomais in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und der Witterung. Das Wirtschaftseigene Futter, 1, 1964
26. Rinno G., Koriath H., Ebert K.: Wie lässt sich eine schädliche Nitrat-Anreicherung in Futterpflanzen bei hohem Düngungsniveau vermeiden? Gründland u. Feldfutter, 5, 1968.
27. Stuczyński E., Stuczyńska J., Jakubowski S., Jasiński B.: Plonowanie i skład chemiczny kupkówki w zależności od nawożenia azotem i zaopatrzenia w wodę. Pam. puł., 44, 1971.
28. Tuchołka Z., Czekalski A.: Wpływ nawożenia miedzią na plon zbóż i wykorzystanie azotu z nawozów. Zesz. probl. Post. Nauk rol., 179, 1976.
29. Tuchołka Z., Wojtowska R.: Abhängigkeit der Wirkung des Mineraldüngerstickstoffs von der Streugenauigkeit des Düngers., Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., 21, 3, 1977.
30. Wojtowska R.: Skład związków azotowych w życie pastewnym nawożonym wysokimi dawkami azotu. Praca nie publikowana. Zakł. Chemii Rolnej AR Poznań.
31. Völker L.: Über den Einfluss einer späten zusätzlichen Stickstoffdüngung auf den Gehalt Aminosäuren im Getreideeiweiss. Landw. Forschung, 13, 1960.

[Збышко Тухолка], Казимеж Леманн

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКЦИИ БЕЛКА ПУТЕМ ИНТЕНСИВНОГО АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ

Резюме

Многочисленные собственные опыты и данные литературы показывают очень сильное влияние интенсивного азотного удобрения на урожаи культурных растений и содержание в них белка. Интенсивное азотное удобрение значительно повышает урожай и содержание белка в растениях, причем это повышение гораздо сильнее в вегетативных, чем в генеративных органах (зерна, семена). По мере повышения уровня азотного удобрения происходит рост содержания сырого и чистого белка. Сумма 11 экзогенных аминокислот в 1 г N зерна пшеницы и ячменя снижалась по мере повышения доз азотных удобрений, а повышалась сумма эндогенных аминокислот. Повышенный образом белок характеризуется, однако, худшими биологическими качествами. Исчисленная продуктивность азота по отношению к сухому веществу, сырому и чистому протеину, высокая и разная для отдельных видов кормовых культур. Интенсивное азотное удобрение является, и будет еще долгое время являться основным фактором повышения продукции кормового белка.

[Zbyszko Tuchołka], Kazimierz Lehmann

POSSIBILITY OF THE PROTEIN PRODUCTION INCREASE BY MEANS OF AN INTENSIVE NITROGEN FERTILIZATION

Summary

Numerous own experiments and literature data prove a very significant effect of an intensive nitrogen fertilization on the yields of plants and the protein content in them. An intensive nitrogen fertilization results in a significant yield and protein content increments in plants, these increments being much higher in vegetative than in generative organs (grain, seed). Along with increasing nitrogen fertilization an increase of crude and true protein is taking place. The sum of 11 exogenous amino acids in 1 g of N of wheat and barley grain decreased along with increasing fertilizer nitrogen rate, at a simultaneous growth of the sum of endogenous amino acids. The protein increased in such a way is, however, of a much lower biological value. The nitrogen productivity calculated in relation to dry matter, crude and true protein, was high and differentiated for particular kinds of fodder crops. An intensive nitrogen fertilization is and will be still for a long time a basic factor of fodder protein production increase.