

WPŁYW WYSOKICH DAWEK NAWOŻENIA AZOTOWEGO NA ZAWARTOŚĆ BIAŁKA I ZWIĄZKÓW AZOTOWYCH NIEBIAŁKOWYCH W RUNI ŁĄKOWEJ

Marian Falkowski

Katedra Uprawy Łąk i Pastwisk WSR, Poznań

Nie można się dziwić, że na białko zwraca się dziś znaczną uwagę, ono bowiem obok węglowodanów i tłuszczu stanowi podstawowy składnik żywności i paszy. Jak się okazuje mamy dziś ogromne możliwości zwiększenia obrotu azotu między glebą, rośliną i zwierzęciem, dla podniesienia plonów białka w masie roślinnej i wydajności białka w produktach zwierzęcych.

Problem zwiększenia produkcji białka omawiano w ostatnim dwudziestolecu na wielu konferencjach i kongresach łąkarskich. Tematy referatów z biegiem czasu opierały się na badaniach coraz bardziej wnikliwych, coraz głębiej sięgających nie tylko w stosunki jakościowe związków azotowych w roślinach. Zorganizowana została nawet specjalna międzynarodowa konferencja łąkarzy na temat „Nitrogen and Grassland”, jako pierwsza konferencja Europejskiej Federacji łąkarzy. Konferencja ta odbyła się w Wageningen w 1965 r.

Poglądy na możliwość wykorzystania nawozów azotowych w rolnictwie i łąkarstwie ulegały w ostatnich latach szybkim zmianom. Po drugiej wojnie światowej skierowano uwagę na możliwość wykorzystania wysokich dawek nawozu azotowego, z góry rezygnując z udziału motylkowych, jako gatunków towarzyszących trawom w mieszankach. Jak się okazuje proste mieszanki traw mogą dawać w warunkach nawożenia przekraczającego nawet 1000 kg N/ha plony białka w niezwyklej wysokości.

Przeciętnie zużycie nawozów azotowych na trwałych użytkach zielonych wzrasta szybko i w Holandii przekracza 100 kg N/ha i jest obecnie najwyższe w Europie.

W Holandii są jednak gospodarstwa stale zużywające 200 a nawet 300 czy 400 kg azotu na hektar użytków zielonych, a w doświadczeniach bada się efektywność dawek w wysokości dochodzącej do 1500 kg N/ha.

Tabela 1

Tabela 2

Zużycie nawozów azotowych na trwałych użytkach zielonych w 1964/65 w kg N/ha [19]

Wykorzystanie nawozu azotowego wg Reida [24]

Holandia	148
Niemiecka Rep. Federalna	40
Wielka Brytania	12
Francja	7
Austria	5

Dawka N/ha w kg	Wykorzystanie w %
57	64
227	78
454	66
681	51
908	40

Szybki rozwój gospodarki łakowej w połączeniu ze wzrostem zużycia nawozów azotowych jest oczywiście wynikiem znacznej opłacalności intensywnego gospodarowania. Wskazano w Holandii, że gospodarstwa, które stosują 110 kg N/ha uzyskują 65% przyrostu dochodu czystego z ha w porównaniu do gospodarstw stosujących tylko 45 kg N/ha.

W problemie nawożenia azotem łąk i pastwisk istnieją dwa zagadnienia — zużycie azotu do produkcji białka roślinnego i zwierzęcego oraz odzyskania w jak największym stopniu tego składnika również z uwzględnieniem odchodów zwierzęcych. Wzrastające nawożenie azotem jest powodem zainteresowania się obrotem azotu w gospodarstwach i możliwością wykorzystania tego składnika w jak największym stopniu przez glebę, roślinę i zwierzęta. Jest zrozumiałe, że nawożenie azotowe nawet coroczne nie może pokryć deficytu azotowego w glebie.

Cowling [6] podaje, że w plonie występuje 50—70% N nawozu azotowego, a poziom odzyskania azotu wzrasta w miarę zwiększania dawek tego nawozu. Reid [24] oblicza nawet wykorzystanie azotu na ok. 75% przy nawożeniu w wysokości ok. 200 kg N/ha, spada ono jednak poniżej 50% przy dawkach ok. 700 kg N/ha.

Dilz i Woldendrop [8] wykazali, że nawożenie azotowe obarczone jest stratami spowodowanymi denitryfikacją w granicach 5—30%, zależnie od warunków glebowych i przebiegu pogody. W przeciwieństwie do nawozów azotanowych, formy amonowe są w większym stopniu wykorzystywane.

Pod wpływem nawożenia azotowego zachodzą duże zmiany w składzie chemicznym masy roślinnej, występuje tyle zależności między azotem a innymi makro- i mikroelementami, że trudno z góry spodziewać się uzyskania założonych rezultatów np. w postaci przyrostu masy czy białka. Wystarczy przyjrzeć się wynikom badań np. Fauconneau [11], aby stwierdzić jak silne mogą być zmiany ilościowe i jakościowe związków azotowych u kupkówki pod wpływem nawożenia azotem.

Nawożenie azotowe zmienia także stosunek ilościowy białka do roz-

Tabela 3

Występowanie związków azotowych w masie nadziemnej
Dactylis glomerata wg Fauconneau [11]

Związki azotowe	Liście	Pochwy	Żdźbła
Azot ogólny w % s. m.	19,3	9,8	4,9
Azot niebiałkowy w % N ogólnego	14,1	26,1	27,3
Azot peptydowy w % N ogólnego	4,8	9,3	10,6
Azot białkowy w % N ogólnego	81,1	64,6	62,1

puszczalnych w wodzie węglowodanów a także do hemicelulozy. Dla przykładu podaję wyniki badań Achłamowej [1], nad składem chemicznym runi z pierwszego turnusu wypasowego.

Tabela 4

Wpływ nawożenia N na zawartość rozpuszczalnych w wodzie
węglowodanów i hemicelulozy u *Dactylis glomerata*
(w % s. m.) wg Achłamowej [1]

Nawożenia	Rozp. w wodzie węglowodany	Hemiceluloza
P ₅₀ K ₁₀₀	11,0	19,5
„ +N ₅₀	12,3	17,8
„ +N ₁₅₀	9,6	15,8
„ +N ₃₀₀	9,4	14,7

Także Raymond i Spedding [23] wykazali ujemną korelację między nawożeniem azotowym a ilością rozpuszczalnych w wodzie węglowodanów u życicy trwałej i kupkówki przy dawkach 200 kg N/ha. O podobnej zależności piszą także Rhykerd, Dillon, Burns [25]. Wcześniej opublikował na ten temat swoją pracę Alberda [2], który podkreślił również przy tej sposobności ujemny wpływ nawożenia azotowego na zdolność zakiszania się roślin przy zmniejszonej ilości cukrów. Najważniejsze jest jednak stwierdzenie w pracy Nowakowskiego, Cunninghama i Nielsena [21], że przy dużych dawkach azotu dochodzić może do akumulacji azotanów w roślinach w obecności małej ilości węglowodanów ograniczających szybkość redukcji azotanów.

Białko tych roślin, które zawierają mało cukrów może być także przez przeżuwacze gorzej wykorzystywane, na co wskazuje Jasiorowski [16]. Niemniej znane są także badania, które wskazują na lepszą strawność białka surowego uzyskanego w warunkach nawożenia azo-

tem roślin pastewnych. Washko i Marriott [29] podają wyniki badań nad wpływem nawożenia azotem na strawność białka surowego kupkówki. Strawność ta po zwiększeniu dawki azotu z 60 kg do 360 kg N/ha wzrosła o ok. 16%. Wyższą strawność wykazano także u stokłosa bezostnej nawożonej azotem w wysokości 370 kg w przeciwieństwie do dawki niższej. Podobne zależności wykazał także Blaser [3] oraz de Groot [13], szacując wzrost strawności na ok. 5%.

Wreszcie Harkess [15] zwrócił uwagę na zmianę strawności występującą na drodze pośredniej, np. jeśli pod wpływem nawożenia azotowego dochodzi do zmian w składzie botanicznym runi i to głównie w stosunkach ilościowych między trawami i motylkowatymi.

Podkreślając złożoność problemu białka w runi łąkowej, warto jeszcze wspomnieć o znaczeniu stosowanych metod badawczych dla określania jakości substancji azotowych w roślinach. Mulder [20] stwierdził znaczne zmiany ilościowe w formach związków azotowych pod wpływem suszenia szybkiego i powolnego.

Tabela 5

Wpływ suszenia na zawartość niektórych związków azotowych w runi wg Muldera [20]

Sposób suszenia zielonki	Zawartość w % s. m.			
	N ogólny	N białkowy	N amidowo- -amonowy	N/NO ₃
Zielonka świeża	3,41	2,80	0,07	0,07
Suszona szybko w 100°	3,20	2,65	0,06	0,05
Suszona przez 24 h w 28°	3,43	2,35	0,28	0,04
Suszona przez 72 h w 28°	3,35	1,86	0,73	0,04

Zagadnieniami tymi zajmowali się także Rhykerd, Dillon, Noller i Burns [25] podkreślając, że od zastosowanej metody suszenia materiału roślinnego zależą wyniki określające zawartość rozpuszczalnych węglowodanów i azotu niebiałkowego w masie roślinnej.

Tabela 6

Wpływ nawożenia N i metody suszenia na zawartość azotu w trawach w % s. m. wg Rhykerda [25]

Gatunek	Metoda suszenia	Nawożenie N — w kg/ha						
		0	100	200	400	750	1500	\bar{x}
<i>Dactylis glomerata</i>	w suszarce	2,06	2,20	2,39	2,82	3,18	3,59	2,71
	liofilizacja	1,92	2,04	2,20	2,62	2,99	3,45	2,54
<i>Bromus inermis</i>	w suszarce	2,18	2,18	2,31	2,72	3,16	3,63	2,70
	liofilizacja	1,87	2,00	2,13	2,48	2,93	3,41	2,47
<i>Phleum pratense</i>	w suszarce	1,94	1,96	2,05	2,15	2,53	2,80	2,24
	liofilizacja	1,92	1,72	1,85	1,98	2,17	2,54	2,03

Próbki liofilizowane wykazywały wyższą zawartość tak rozpuszczalnego w wodzie azotu, jak i rozpuszczalnych w wodzie węglowodanów, natomiast nieco niższą ilość azotu ogólnego w porównaniu do wyników badań materiału roślinnego suszonego w suszarce.

Efektywność nawożenia azotowego zależy od wielu czynników często do dziś jeszcze nieznanymi. Podstawową rolę odgrywają warunki pogody, warunki glebowe, skład botaniczny runi, sposób użytkowania runi, stosowane formy nawozów azotowych i wiele innych.

Tabela 7

Plony azotu w kg z ha, Strzeszyn wg Frąckowiaka [12]

Użytkowanie	Nawożenie w kg N/ha	
	140	280
Pastwiskowe	183	368
Przemienne	163	282

Z reguły najwyższa efektywność jest na piasku, najmniejsza zaś na torfie, co wykazano na przykładzie gleb holenderskich [4]. Również w naszych warunkach wyniki uzyskane np. w gospodarstwie pastwiskowym w Strzeszynie pod Poznaniem wskazują na dużą rolę jaką odgrywają tamtejsze gleby lekkie w wypadku intensywnego nawożenia azotem [12].

Plon azotu przekroczył w tych warunkach ilość azotu wprowadzoną do gleby w nawozach.

Zawartość białka w runi dochodzi nieraz do znacznej wysokości. Na ogół wzrasta w miarę zwiększania dawek nawozów azotowych, ale nieproporcjonalnie. Od pewnej wysokości dawek nawozu azotowego zaczyna występować azot niebiałkowy kosztem azotu białkowego. W runi pastwiska w Strzeszynie zawartość białka surowego dochodziła do ok. 27% w s. m. Znane są jednak wypadki, kiedy odsetek ten przekracza nawet 30%, jednak najczęściej spotyka się odsetek w granicach 18—22% [28]. Maksymalny wzrost zawartości białka może być osiągnięty przy dawce nawozu ok. 300—350 kg N/ha, chociaż powolny wzrost może być notowany nawet do wysokości 720 kg N/ha [17].

Tabela 8

Wzrost zawartości azotu w runi pod wpływem nawożenia azotem, w % s. m. wg Kreiła i innych [17]

Dawki N w kg N/ha	0	60	120	240	480	720
Zawartość N w masie roślinnej	2,74	2,77	2,92	3,32	3,89	4,09

Znaczne zwiększenie zawartości azotu w roślinach nie zawsze jest korzystne dla wartości pastewnej runi, gdyż wiadomo, że nadmiar białka może zmniejszać wydajność mleka a także niekorzystnie odbijać się na jakości masła [26].

Tabela 9

Wpływ poziomów nawożenia azotowego na zawartość azotanów, azotu amonowego i amidowego w runi w szóstym odroście, w % s.m. wg Muldera [20]

Dawka N kg/ha	N-NO ₃	N-NH ₂	N-NH ₄
0	0,03	0,03	0,03
40	0,11	0,08	0,05
80	0,18	0,03	0,09
140	0,29	0,07	0,05
300	0,32	0,12	0,07
420	0,33	0,14	0,08

Podobnie jak zawartość białka również wysokość plonów białka zależy od wielu czynników zewnętrznych, stąd wahania dość znaczne. Reid [24] stwierdza, że istnieje równoległa zależność między plonem i nawożeniem azotowym, ale tylko do wysokości ok. 200 kg N/ha, a powyżej tej dawki zaznacza się coraz szybszy spadek ilości białka przypadającego na 1 kg N danego w nawozie. Do wysokości ok. 200 kg N/ha przypada na 1 kg N ok. 5 kg białka surowego. Według innej pracy Reida i Castle'a [24], stosunek ten wynosi 1 : 4. Toomre [28] uzyskiwał plon ok. 20 q białka z ha, a na 1 kg N przypadało 4,23 kg białka surowego. W naszym kraju Frąckowiak [12] w Strzeszynie osiągnął plony białka do 28 q białka surowego z ha, przy stosunku 8,1 kg białka na 1 kg N.

Obliczanie ogólnej ilości azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie uzyskanych wyników na białko surowe jest dziś uznane za błędne, gdyż w białku surowym wykazuje się także substancje azotowe nie będące białkami a obniżające wartość pastewną runi. W badaniach łąkarskich należałoby jak najszybciej zastosować nowe metody określania jakości związków azotowych w roślinach, tym bardziej, że w dużym stopniu ulegają one pod wpływem nawożenia azotowego zmianom ilościowym i jakościowym.

Achłamowa [1] podaje, że białko właściwe w białku surowym stanowi 78—95%, a składniki niebiałkowe 5—22%. Frakcja niebiałkowa zawiera 66—93% aminokwasów i pewne substancje amonowe i amidowe. Wpływ nawożenia azotowego według badań tej autorki przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10

Wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotu białkowego i niebiałkowego w trawach (% N ogólnego) wg Achłamowej [1]

Nawożenia	<i>Bromus inermis</i>		<i>Dactylis glomerata</i>		<i>Poa pratensis</i>	
	N		N		N	
	białk.	niebiałk.	białk.	niebiałk.	białk.	niebiałk.
P ₅₀ K ₅₀ N ₅₀	91,0	9,0	89,7	10,3	91,9	8,1
P ₁₀₀ K ₁₈₀ N ₁₈₀	86,9	13,1	85,8	14,2	89,5	10,5
P ₁₀₀ K ₃₀₀ N ₃₀₀	81,3	18,7	81,6	18,6	85,3	14,7

Jeśli stwierdza się wpływ nawożenia na występowanie ilościowe białka w roślinach to również można przyjąć, że pewne zmiany mogą zachodzić także w zestawie aminokwasów. Znane badania Smith'a i Agiza [27] wykazały wyraźny wpływ nawożenia azotowego, a nawet wpływ formy nawożenia na wzrost ilościowy niektórych aminokwasów u życicy wielokwiatowej. Wzrost zaznaczył się u tej trawy w zawartości leucyny, fenyloalaniny, tryptofanu, argininy i lizyny, natomiast wystąpiło zmniejszenie zawartości kwasu asparaginowego i glutaminowego. Komplikuje jednak to zagadnienie także wpływ innych składników. Grün [14] badał wpływ żużla miedziowego na skład aminokwasów u lucerny, koniczyny i traw. Okazało się, że odbiło to się na zwiększeniu zawartości seryny, treoniny i metioniny u traw, a u babki lancetowatej nastąpiło podwojenie się zawartości aminokwasów w porównaniu z roślinami nie nawiezionymi żużlem miedziowym. W tych samych warunkach wystąpił u lucerny wzrost zawartości argininy, treoniny, metioniny i seryny w białku roślin nawożonych. Podobnie jak miedź również molibden wywołuje zwiększanie się zawartości aminokwasów w masie roślinnej. Znane są także prace na temat wpływu boru, siarki, potasu, fosforu i wapnia na zmiany stosunków ilościowych w zestawie aminokwasowym traw i motylkowatych.

Wpływ nawożenia azotowego na występujące u traw aminokwasy badał między innymi Toomre [28]. Pod wpływem dawki nawozu azotowego zastosowanego pod kupkówkę następował wzrost zawartości lizyny, korzystnie wpływający na biologiczną wartość paszy:

PK — 0,57% lizyny w s.m.,

PKN₅₁₀ — 0,76% lizyny w s.m.,

Autor ten podaje, że również wysokie nawożenie azotowe przyczynia się do wzrostu zawartości argininy, seryny, kwasu glutaminowego, waliny i fenyloalaniny.

Pieszkow [22] na podstawie wyników badań roślin jednorocznych dochodzi jednak do wniosku, że aminokwasowy skład białek jest dość stały w organach wegetatywnych i praktycznie nie zmienia się pod wpływem nawożenia. Zawartość wolnych aminokwasów zależy w dużym

stopniu od warunków odżywiania się roślin i od stosowanych nawozów. Zawartość wolnych aminokwasów zwiększa się pod wpływem nawożenia azotem. Aminokwasowy skład białek roślin jest jednak stały i nie zależy od ogólnej zawartości azotu w roślinach.

Na składzie aminokwasowym może odbić się stadium rozwojowe roślin i to niezależnie od nawożenia na co zwracają uwagę Lorenzo-Andreu, Bach i Frandsen [18]. Według tych autorów zawartość lizyny, histydyny i argininy u koniczyny białej i traw zależna była od aktualnego stadium rozwojowego roślin, a także różniła się u osobników w kilku badanych klonach. Jest to możliwe, gdyż wykazano również na przykładzie kukurydzy, że skład aminokwasowy zależy nie tylko od siedliska ale także związany jest z odmianą.

Wymaga jeszcze wielu wyjaśnień stosunek składu aminokwasowego w roślinach pastewnych do organizmu zwierzęcego, ale także możliwość wykorzystywania przez przeżuwacze niebiałkowych związków azotowych np. amidów i soli amonowych. Skoro drobnoustroje żwacza mogą syntezować wszystkie niezbędne aminokwasy — wtedy stwierdzany skład aminokwasowy białka roślinnego nie może zmniejszać jego wartości jako paszy dla przeżuwaczy. Sprawa ta była również przedmiotem dyskusji na konferencji łąkarskiej w Wageningen w 1965 r. W świetle dyskusji okazało się, że na razie nie ma dowodów na to, aby przypisywać jakies większe znaczenie składowi aminokwasowemu białek w roślinach pastewnych przeznaczonych dla przeżuwaczy.

Natomiast sprawa występowania w roślinach azotu azotanowego nabiera coraz większego znaczenia, jako związku chemicznego ograniczającego wartość paszową runi. Zagadnienie azotu azotanowego w runi pastwisk intensywnie nawożonych azotem jest od kilku lat przedmiotem zainteresowań Katedry Uprawy Łąk i Pastwisk WSR w Poznaniu. Zostały już opracowane dwie publikacje na ten temat [9, 10] można więc ograniczyć się tylko do kwestii mniej znanych. Z ciekawszych nowych danych wynika [21], że przyczyną akumulacji azotanów w roślinach przy dużych dawkach azotu jest mała ilość węglowodanów zdolnych do redukcji azotanów. W badaniach Reida [24] próby roślin, w których stwierdzona została najwyższa zawartość N-NO₃, wykazały równocześnie obecność w wodzie rozpuszczalnych węglowodanów w ilości poniżej 10% w s.m., w przeciwieństwie ilości przekraczającej 13% w s.m. zawierały próby przy niskich dawkach azotu dochodzących tylko do poziomu 227 kg N na ha.

Reid [24] podaje, że przy dawce 227—454 kg N/ha wzrostowi zawartości białka surowego towarzyszy także wzrost poziomu N-NO₃. Ogólna zawartość N wzrasta dość prawidłowo w miarę zwiększania dawek azotu, ale zawartość N-NO₃ szybko powiększa się przy dawkach powyżej 227 kg N/ha, a ilości te przypuszczalnie mogą mieć ujemny wpływ na organizm zwierzęcy.

Tabela 11

Wpływ nawożenia azotowego na zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie oraz N-NO₃ w runi (% s.m.) wg Reida [24]

Nawożenie N kg/ha	Węglowodany rozp. w H ₂ O	N-ogólny	N-NO ₃
0	14,6	2,27	0,011
227	13,0	2,59	0,035
454	10,6	3,30	0,254
681	8,8	3,54	0,408
908	8,2	3,74	0,531

Tego rodzaju zależności nie występują równomiernie przez cały rok, stąd zachodzą znaczne nieraz różnice między turnusami wypasowymi. Kreil, Wacker, Kaltofen i Hey [17] podają, że zawartość N-NO₃ wzrasta powoli do 240 kg N/ha, przeciętnie podnosi się z 0,036 do 0,063%, natomiast wyższe dawki azotu powodowały występowanie N-NO₃ w ilości 0,133 do 0,150% przy 480 kg azotu na ha oraz 720 kg N/ha. Jako dawkę bezpieczną traktują wymienieni autorzy 200 kg N/ha. W Związku Radzieckim Achłamowa [1] wykonała badania na podobny temat i stwierdziła, że wyższa zawartość N-NO₃ występuje przy 300 kg N/ha i to w suche lato a także w jesieni.

Tabela 12

Wpływ nawożenia na występowanie N-NO₃ u *Dactylis glomerata* (w % KNO₃ s.m.) wg Achłamowej [1]

Nawożenie	Turnusy wypasowe			
	1	3	4	5
P ₅₀ K ₅₀ N ₅₀	0,06	0,07	0,12	—
P ₁₀₀ K ₁₈₀ N ₁₈₀	0,11	0,23	0,19	—
P ₁₀₀ K ₁₈₀ N ₃₀₀	0,18	0,72	0,36	1,73

Wiadomo również, że formy azotowych nawozów nie są bez wpływu na zawartość N-NO₃ w roślinach, tak np. siarczan amonu nie wywołuje tak dużych zmian w zawartości N-NO₃. Jednak Dijkshoorn [7] wykazał, że zawartość azotu azotanowego może być podobna przy nawożeniu siarczanem amonu jak i przy nawożeniu saletrą, o ile procesy nitryfikacyjne w glebie nie są intensywne, w innym wypadku może być rzeczywiście niższa. Z badań holenderskich wynika, że występowanie znacznej zawartości N-NO₃ w roślinach może być najmniej niebezpieczne, jeśli nie przeprowadza się wypasów zbyt szybko po sobie. Zawartość N-NO₃ wzrasta bowiem znacznie w ciągu pierwszego tygodnia po wypasie.

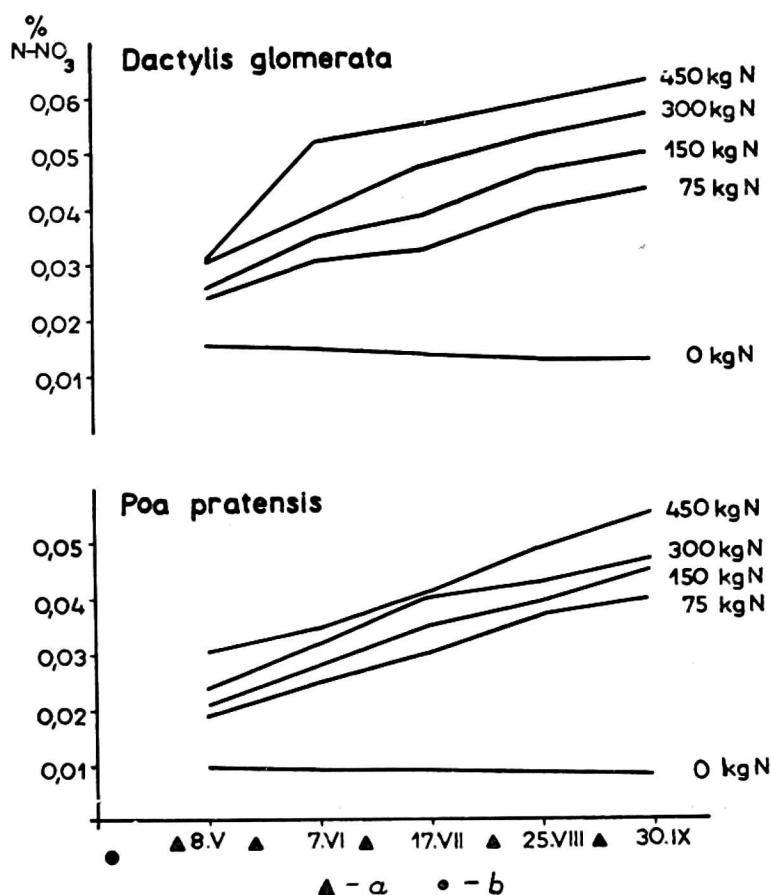
Ciekawsze wyniki prac Katedry Uprawy Łąk i Pastwisk WSR w Poznaniu zamieszczono w tabeli 13.

Tabela 13

Przeciętna zawartość N-NO₃ w s. m. w 4 turnusach wypasowych.
ZD Brody

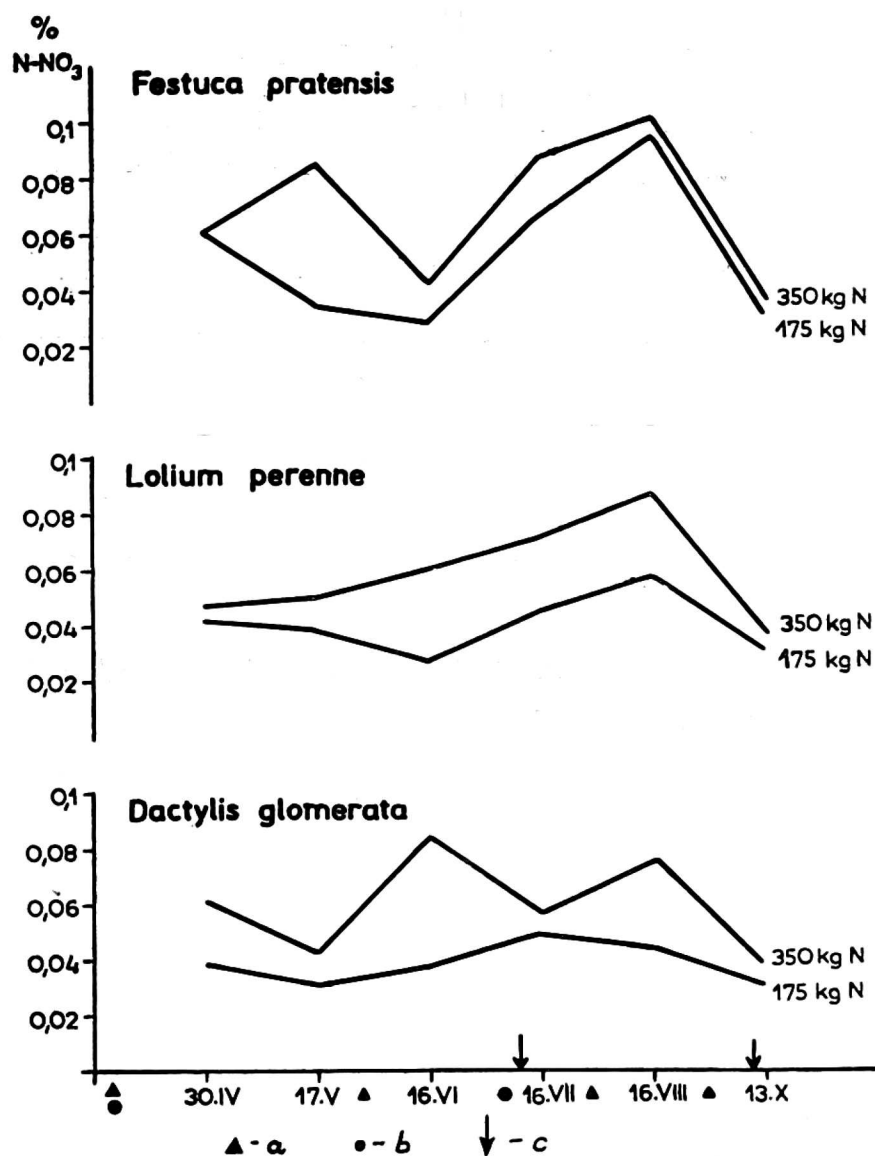
Dawka N kg/ha	<i>Dactylis glomerata</i>		<i>Poa pratensis</i>	
	1965	1966	1965	1966
75	0,034	0,040	0,030	0,030
150	0,039	0,052	0,033	0,035
300	0,045	0,059	0,037	0,037
450	0,051	0,042	0,040	0,042

Nie występują wahania w zawartości N-NO₃ u wiechliny, w przeciwieństwie do kupkówki, która wykazuje większe odchylenia w latach 1965 i 1966 może dlatego, że jest ona gatunkiem bardziej nitrofilnym. Przebieg krzywych określających zawartość N-NO₃ w ciągu okresu wegetacyjnego ilustrują załączone wykresy 1—2. Okazuje się, że w tym samym roku, prawdopodobnie w zależności od warunków glebowych, (Strzeszyn — pastwisko na piasku, Brody — pastwisko na murszu) zawartości N-NO₃ wykazują inny, ale bardzo charakterystyczny przebieg.



Ryc. 1. Krzywe określające zawartości N-NO₃ w okresie wegetacji.
a — nawożenie N, b — nawożenie PK

Porównanie odmian wykazało różne zachowanie się niektórych z nich. Poniżej podano wybrane przykłady z grupy odmian wiechliny łąkowej i kupkówki pospolitej.



Ryc. 2. Krzywe określające zawartość N-NO₃ w okresie wegetacji.
 a — nawożenie N, b — nawożenie PK, c — nawadnianie

Tabela 14

Zawartość N-NO₃ w odmianach traw (% s.m.). Brody 1966

Odmiana	Turnusy wypasowe					\bar{x}
	14.X.	22.VI.	2.VIII.	6.IX.	13.X.	
<i>Poa pratensis</i>						
Skrzeszowicka	0,0248	0,0262	0,0205	0,0196	—	0,0228
Puławska pastwiskowa	0,0414	0,0398	0,0613	0,0343	—	0,0442
Puławska górską	0,0423	0,0406	0,0653	0,0288	—	0,0442
<i>Dactylis glomerata</i>						
Nakielska	0,0290	0,0373	0,0633	0,0474	0,0353	0,0424
Motycka	0,0548	0,0425	0,0973	0,0424	0,0860	0,0646

Występowanie azotu azotanowego w runi pastwiskowej próbuje się ostatnio wykorzystać dla obliczenia, czy w danych warunkach siedliskowych zastosowana została optymalna dawka nawozu azotowego. Burg [5] twierdził, że zawartość N-NO₃ jest dobrym miernikiem statusu azotowego w roślinie, jeśli zastosowano saletrę wapniową lub saletrzak.

Tabela 15

Wpływ formy nawozu azotowego na zawartość azotanów w trawach — w mmol na kg s.m. wg Burga [5]

Nawożenie w kg N/ha	Zawartość azotanów w trawach			
	saletra sodowa	saletrzak	siarczan amonu	$\frac{1}{2}$ saletry + $\frac{1}{2}$ siarczanu amonu
0	11	11	11	11
80	53	30	22	25
160	110	96	38	66
320	360	318	118	185

Wskaźnikiem, że nie uzyskano jeszcze plonu maksymalnego jest ilość N-NO₃ ok. 100 milimola na kg s.m. w roślinach. Obecność takiej ilości azotanów świadczy o prawie całkowitym wykorzystaniu azotu przez rośliny. Obliczeń tych nie można zastosować w wypadku nawożenia siarczanem amonu. W dążeniu do uzyskania maksymalnych plonów można posługiwać się stosunkiem N-NO₃ do N białkowego jako wskaźnikiem kontrolnym.

WNIOSKI

W problemie nawożenia azotem łąk i pastwisk zdają się zasługiwać na szczególną uwagę następujące zagadnienia:

- 1) obrót azotu w gospodarstwie oraz optymalne wykorzystanie nawozów azotowych z uwzględnieniem wysokich dawek i formy nawozu,
- 2) zwiększenie efektywności nawożenia azotowego przez wykorzystanie wielu właściwości morfologicznych, fizjologicznych i biologicznych tych gatunków i odmian traw, które odgrywają rolę w mieszankach,
- 3) zwrócenie szczególnej uwagi na zawartość azotanów i cukrów, które u traw w stopniu decydującym określają wartość paszową runi nawożonej wysokimi dawkami azotu,
- 4) ulepszenie i ujednoczenie stosowanych metod badawczych z zakresu oznaczania zawartości substancji azotowych i cukrów w roślinach.

STRESZCZENIE

Szybki rozwój gospodarki łąkowo-pastwiskowej spowodował znaczny wzrost zużycia nawozów mineralnych. Pod wpływem nawożenia zwłaszcza azotowego wzrasta plon, ale zachodzi w nim wiele zmian składu chemicznego runi roślinnej, zwłaszcza w związkach azotowych i formach białka oraz ich stosunku do węglowodanów. Nawożenie azotem, które powoduje wzrost plonu o dużej zawartości białka w roślinach, może nawet ujemnie odbijać się na produktywności zwierząt. Dawki nawożenia azotowego zmieniają w roślinach procentową zawartość niektórych aminokwasów, przy czym jednych przybywa a innych ubywa. Duże znaczenie ma

występowanie w roślinach azotu azotanowego, który już w małej ilości ogranicza wartość pastewną runi. Pojawienie się azotanów zależy od wysokości zastosowanej dawki nawozu azotowego oraz innych czynników, jak np. warunków klimatycznych, składu runi roślinnej a nawet odmian traw itp.

LITERATURA

1. Achłamowa N. M.: Intern. Grassl. Congr. Helsinki (1966).
2. Alberda Th.: VIII Intern. Grassl. Congr. Reading 1960. Oxford (1961).
3. Blaser R.E.: J. Animal Sci. 23 (1964).
4. Bosch S.: I Gen. Meeting of the Europ. Grassl. Feder. 1965. Wageningen (1966)
5. van Burg P. F. J.: Intern. Grassl. Congr. Helsinki (1966).
6. Cowling D. W.: X Intern. Grassl. Congr. Helsinki (1966).
7. Dijkshoorn W.: Jb. Inst. Biol. en Scheik. Onderz. Wageningen (1960).
8. Dilz K., Woldendorp J. W.: VIII Intern. Grassl. Congr. Reading 1960. Oxford (1961).
9. Falkowski M., Kukułka I.: Prace Komit. Nauk Rol. i Komit. Nauk Leśnych PTPN, t. XXIII, z. 1, (1967).
10. Falkowski M., Kukułka I.: Bul. Cen. Intern. Engr. Chim. Zurich (1967).
11. Fauconneau G.: VIII Intern. Grassl. Congr. Reading 1960. Oxford (1961).
12. Frąckowiak J.: Struktura plonu runi wielokrotnie wypasanej w warunkach intensywnego nawożenia i nawadniania zraszającego. Pozn. TPN, t. XXVI, 1968.
13. de Groot Th.: I Gen. Meeting of the Europ. Grassl. Feder. 1965, Wageningen (1966).
14. Grün K.: Jb. Arbeitsgemeinschaft. Fütterungsberat., t. 4 (1963).
15. Harkess R. C.: J. Brit. Grassl. soc., t. 18 (1963).
16. Jasiorowski H.: Zesz. probl. Post. Nauk Rol. nr 59 (1966).
17. Kreil W., Wacker G., Kaltofen H., Hey E.: I Gen. Meeting of the Europ. Grassl. Feder. 1965. Wageningen (1966).
18. Lorenzo-Andreu A., Bach E., Frandsen K. I.: Acta Agric, Scand., t. 14 (1964).
19. van der Molen H.: Stikstof nr 10 (1966).
20. Mulder E. G.: V Intern. Grassl. Congr. Noordwijk (1949).
21. Nowakowski T. Z.: Cunningham R. K., Nielsen K. F.: J. Sci. Food. Agric. nr 16 (1965).
22. Pieszko B. P.: Wiest. Sielchoz. Nauki T. 9 (1964).
23. Raymond W. F., Speeding C. R. W.: I Gen. Meeting of the Europ. Grassl. Feder. Wageningen (1965).
24. Reid D.: X Intern. Grassl. Congr. Helsinki (1966).
25. Rhykerd C. L., Dillon J. H., Burns J. C.: X Intern. Grassl. Congr. Helsinki (1966).
26. Sjollem B.: V Intern. Grassl. Congr. Noordwijk (1949).
27. Smith A. M., Agiza A. H.: J. Sci. Food Agric. nr 2 (1951).
28. Toomre R. I. X Intern. Grassl. Congr. 1966. Helsinki (1966).
29. Washko J. B., Marriot L. F.: VIII Inter. Grassl. Congr. Reating 1960. Oxford (1961).