

EDMUND NOWACKI

*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach*

## PROBLEM BIAŁKA I NAWOŻENIA AZOTOWEGO

*Reakcje roślin na luksusowe zaopatrzenie w azot*

Azot obok węgla, tlenu i wodoru jest podstawowym pierwiastkiem wchodzącym w skład tkanek wszystkich organizmów. Pierwiastek ten był w uprawie roślin najbardziej deficytowy. Prawie wszystkie rośliny uprawne z wyjątkiem pewnych stanowisk w ogrodach, były uprawiane przy niedostatku azotu. Permanentny niedobór dostępnego azotu powodował swoistą selekcję w kierunku form, które były w stanie wyprodukować mimo tego zadawalający plon. Sytuacja uległa zmianie po opracowaniu reakcji syntezy sztucznych nawozów azotowych z azotu drobinowego z powietrza. Rolnictwo otrzymało środek podnoszący plony roślin.

Nie wszystkie jednak gatunki reagują w identyczny sposób na luksusowe zaopatrzenie w deficytowy dotychczas pierwiastek. Wszystkie, prawie bez wyjątku rośliny, pobierają każdą dostępną ilość azotu, jak jednak potrafią ten czynnik wykorzystać, zależy w dużej mierze od ich dotychczasowej historii uprawy.

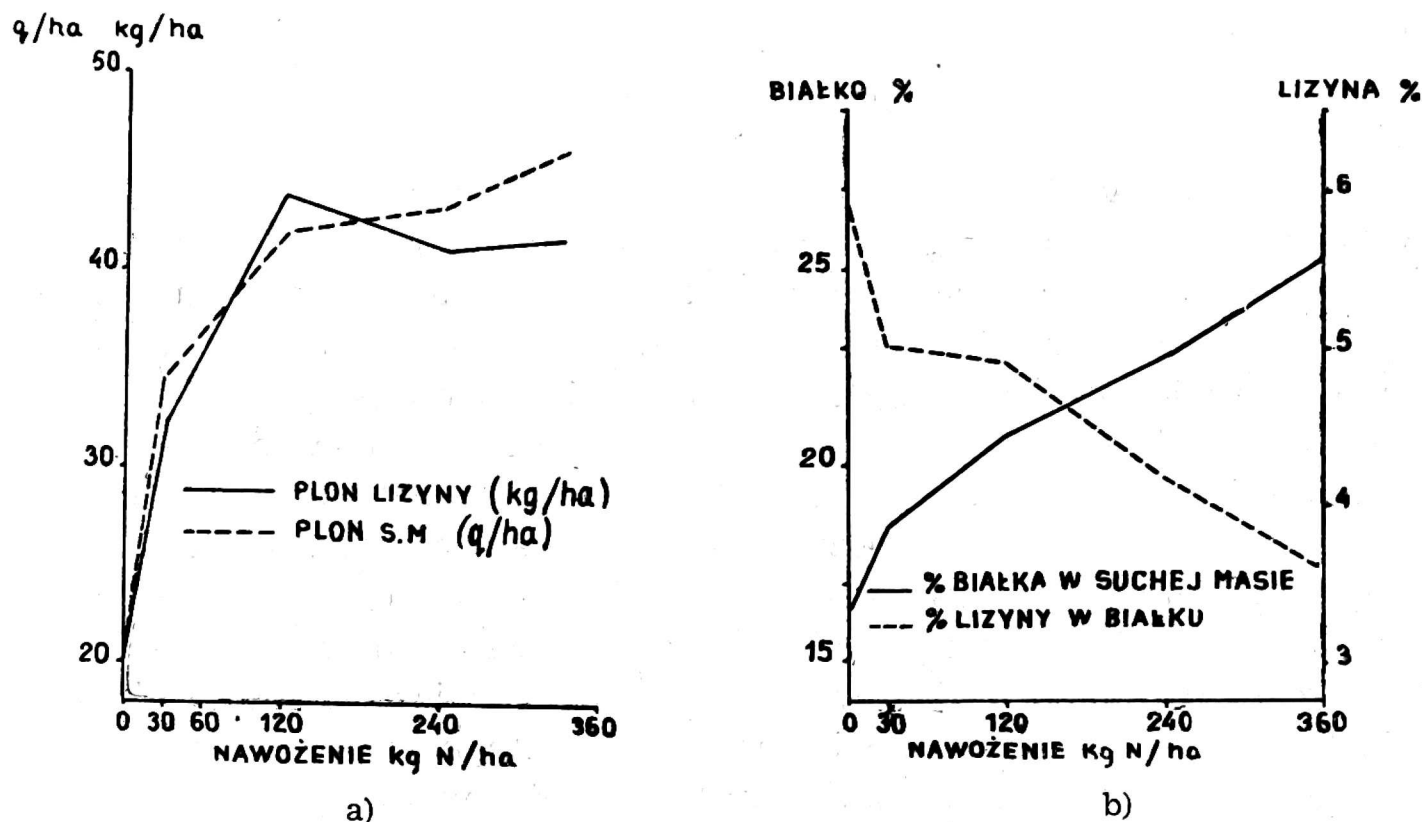
Tak więc wiele roślin ogrodowych, które rozpoczęły swoją karierę w uprawie od bogatych w azot śmietników, świetnie wykorzystują podane duże dawki nawozów azotowych, reagują na nie zwykłą plonu przy prawie nie zmienionych właściwościach chemicznych i odżywczych tegoż plonu. Z drugiej strony wiele gatunków uprawianych dotychczas na ubogich w przyswajalny azot glebach, reagują przede wszystkim zmianą składu chemicznego; zmiana ta prawie zawsze, po przekroczeniu pewnych dawek, jest niekorzystna.

Zwrócono uwagę, że gwałtowny wzrost zużycia nawozów azotowych w ostatnich latach spowodował, obok zwiększenia plonów, również zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt odżywiających się produktami silnie nawożonymi nawozami azotowymi.

W ogrodnictwie, przy produkcji szpinaku, stosuje się dawki czystego składnika N — rzędu 300 kg/ha, są one 3 do 4-krotnie wyższe od dawek zalecanych. Tak wysokie nawożenie powoduje akumulację azotanów. W pewnych warunkach, szczególnie w czasie transportu, azotany ulegają redukcji do azotynów, te zaś są wybitnie toksyczne, powodują

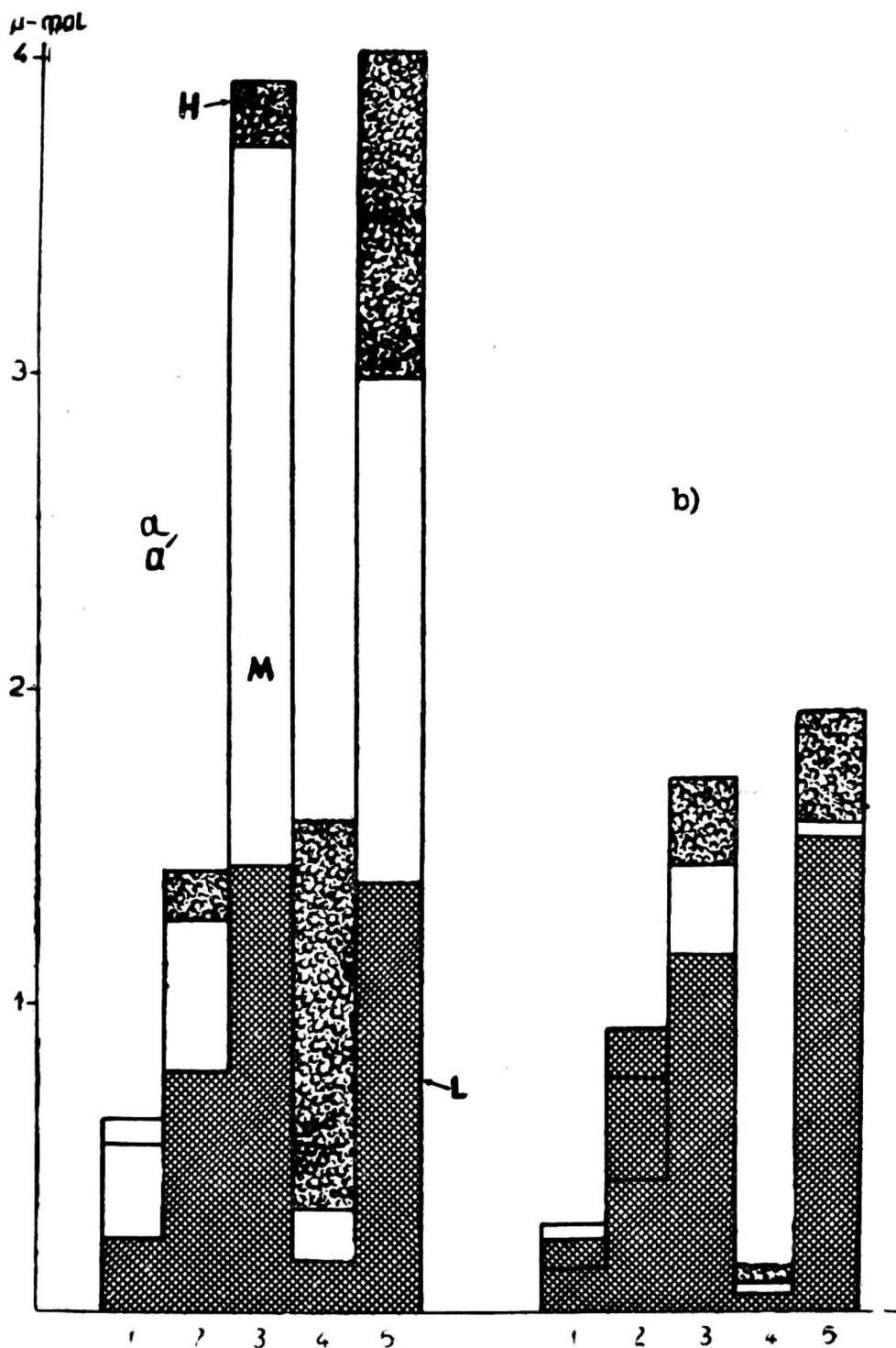
bowiem cyjanozę (methemoglobinemię). Tylko szybka interwencja lekarza może w takim przypadku zapobiec śmiertelnemu zejściu.

Innym ważnym, niepożądanym efektem nawożenia azotowego, jest skrócenie okresu świeżości warzyw w czasie transportu i na półce sklepowej. Również odporność na choroby roślin ulega zmniejszeniu. Biologiczna wartość białek ulega obniżeniu, wzrasta natomiast zawartość niepożądanych wolnych aminokwasów (rys. 1 i 2).



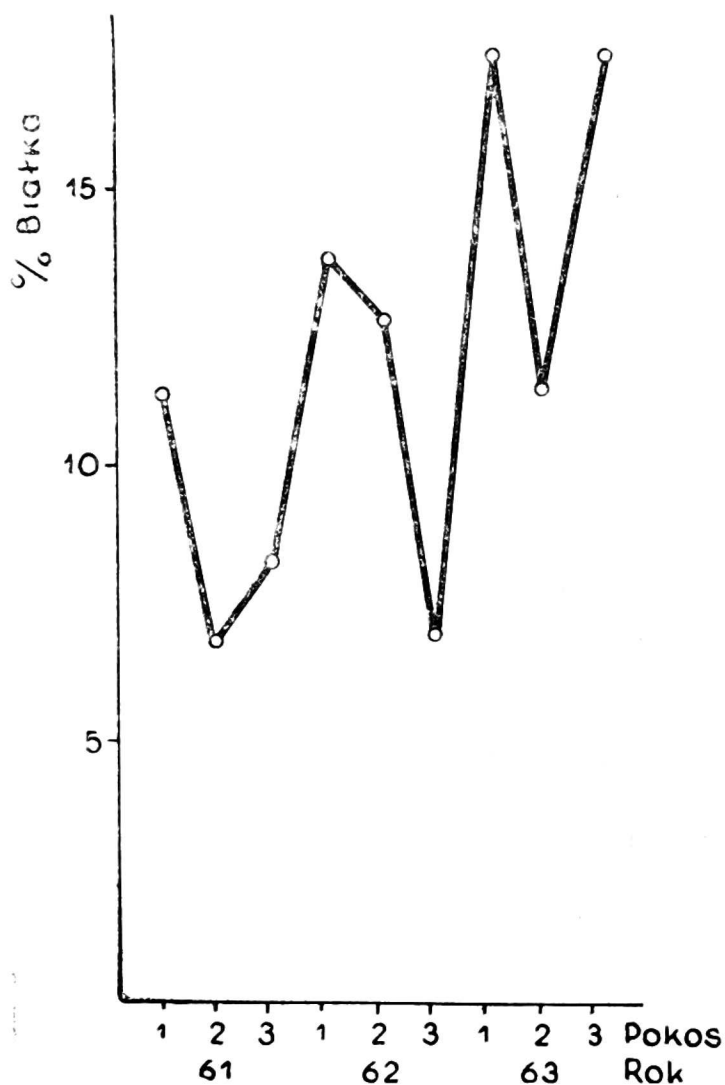
Rys. 1. a) wpływ nawożenia azotowego na plon suchej masy i lizyny w kapuście chińskiej, b) wpływ nawożenia azotem na jakość paszy otrzymywanej z kapusty chińskiej (17)

W ostatnich dziesięciu latach ukazało się wiele publikacji na temat składu chemicznego roślin. Część tych prac wykonano przy założeniu, że nawożenie azotowe powinno dać w efekcie zmianę składu chemicznego roślin (Stuczyński, Koter, Oczosiowa), w innych natomiast zignorowano efekt nawożenia uważając, że skład chemiczny rośliny zdeterminowany jest dziedzicznie. Tak np. w serii publikacji J. Przybylskiej (19, 20, 21) pod wspólnym tytułem „Badania nad wartością biologiczną białka roślin pastewnych” nie uwzględniono w ogóle nawożenia azotowego. Zarówno objętość tych publikacji, jak i ilość cyfr w tabelach świadczy o dużym nakładzie pracy, jaki włożono, aby rozwiązać interesujący problem, jakim jest biologiczna wartość białka roślin pastewnych. Jeżeli się jednak dokładniej zanalizuje opublikowane wyniki, dochodzi się do wniosku, że praca ta nie dała żadnej odpowiedzi bo, że „siano wieloletnich roślin motylkowych wykazuje większe zróżnicowanie w poziomie białka surowego (12,57—30,71%), niż siano roślin motylkowych jednorocznych (14,66



Rys. 2. Wpływ nawożenia azotem na zawartość niektórych wolnych aminokwasów a) dwa tygodnie po nawożeniu, b) 6 tygodni po dodatkowym nawożeniu — pole zakratkowane bez dodatkowego nawożenia, czyste powierzchnie — przyrost aminokwasów pod wpływem średniej dawki N (250 kg N/ha, zakropkowane — przyrost pod wpływem wysokiej dawki N 500 kg N/ha); 1) kwas asparaginowy, 2) kwas glutaminowy, 3) amidy, 4) arginina, 5) amoniak w uMol/g świeżej masy; H — wysokie nawożenie, M — nawożenie pośrednie, L — bez dodatkowego nawożenia (16)

—24,90%), zaś ilość białka surowego w sianie traw waha się w szerokich granicach (5,43—22,51%), na ogół jest jednak niższa w porównaniu z motylkowymi”, świadczy tylko o zróżnicowaniu, spowodowanym przez jakiś niekontrolowany czynnik przypuszczalnie azot (rys. 3).

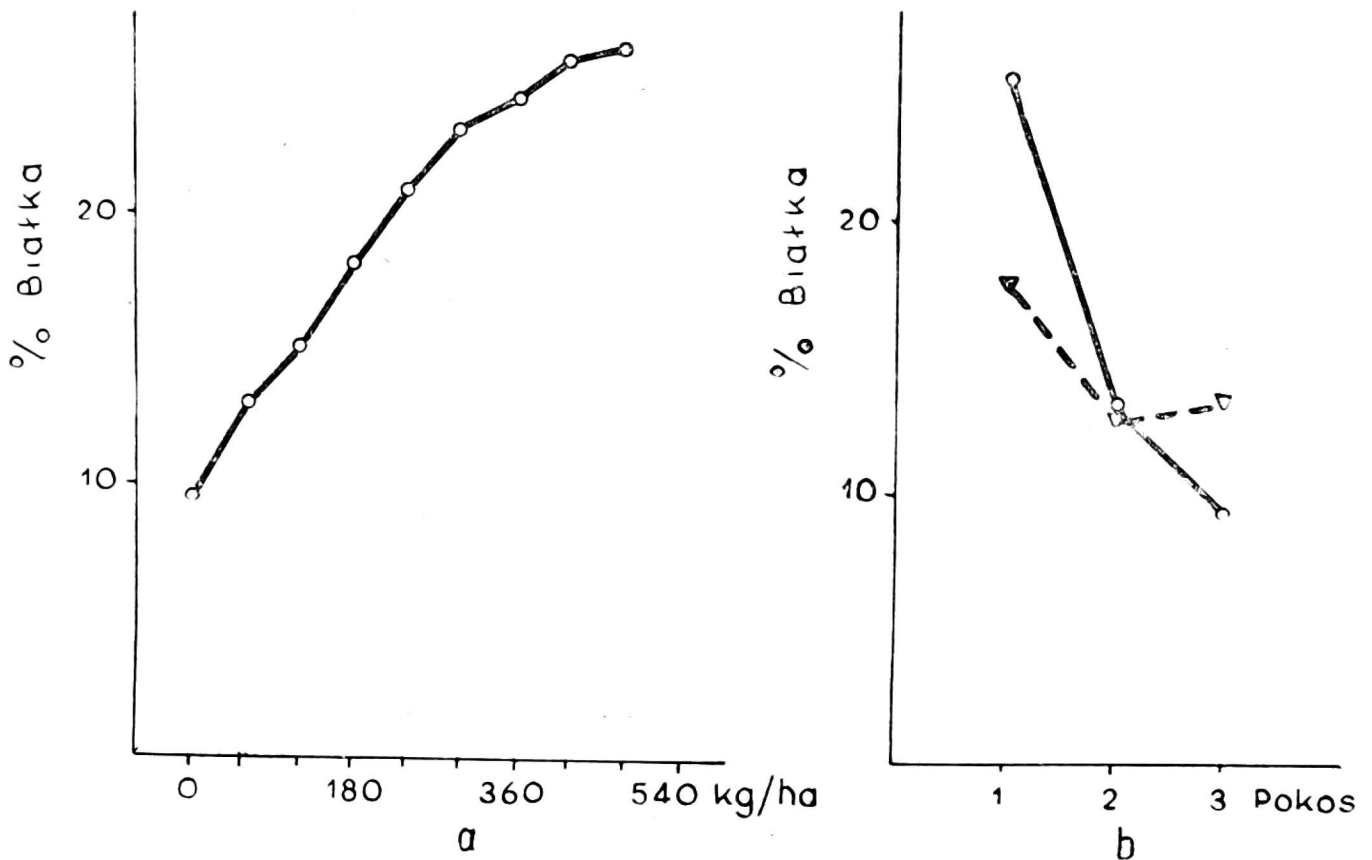


Rys. 3. Zawartość białka w sianie z kupkówki w ciągu trzech lat wegetacji. W doświadczeniu nie uwzględniono nawożenia azotem (19).

Jakie dawki azotu stosowała J. Przybylska, nie jest wiadome. Wyjaśnia się jednak z chwilą, gdy przeczytamy, że: „Pierwsze pokosy traw wykazują na ogół wyższy poziom białka surowego, niż pokosy drugie. W zróżnicowaniu pokosów wieloletnich roślin motylkowych nie obserwuje się regularnej prawidłowości, różne gatunki zachowują się indywidualnie”.

Wystarczy zwrócić uwagę na wyniki E. Stuczyńskiego, rys. 4. Autor ten nawoził kupkówkę bardzo wysokimi dawkami azotu i przy 360 kg N/ha podanego wiosną, pierwszy pokos zawiera aż 3,7% N tj. 23% białka, a więc tyle, ile miał wyczyniec łąkowy w pierwszym pokosie w 1963 r. wg Przybylskiej. U Stuczyńskiego w następnym pokosie kupkówka miała tylko 1,7% azotu, tj. nieco ponad 10% białka, a u Przybylskiej wyczyniec łąkowy w drugim pokosie miał 9,26% białka. Prawie wszystkie trawy reagują jednakowo na nawożenie azotowe. Otrzymana przez Stuczyńskiego zawartość azotu w kupkówce przy konkretnej wysokości dawki azotu, nie będzie się drastycznie różniła od ilości azotu w innych trawach przy tej samej dawce.

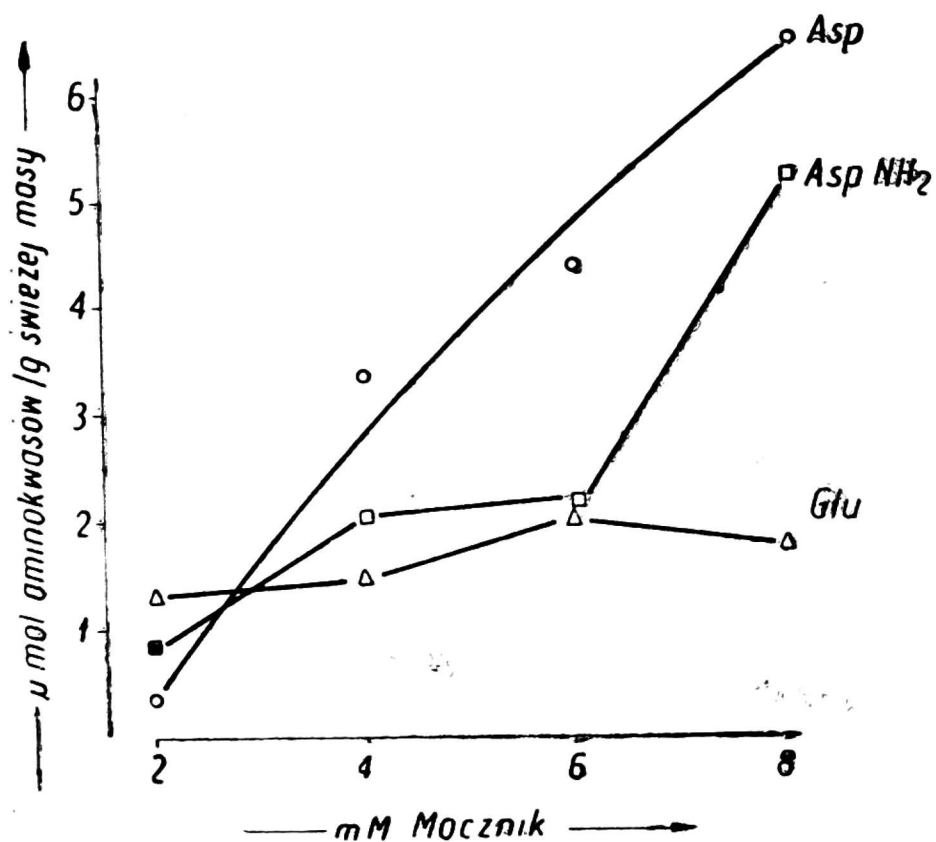
W publikacjach Przybylskiej znajduje się wiele tabel, podających zawartość poszczególnych aminokwasów i tu mamy dowód, że nawożenie



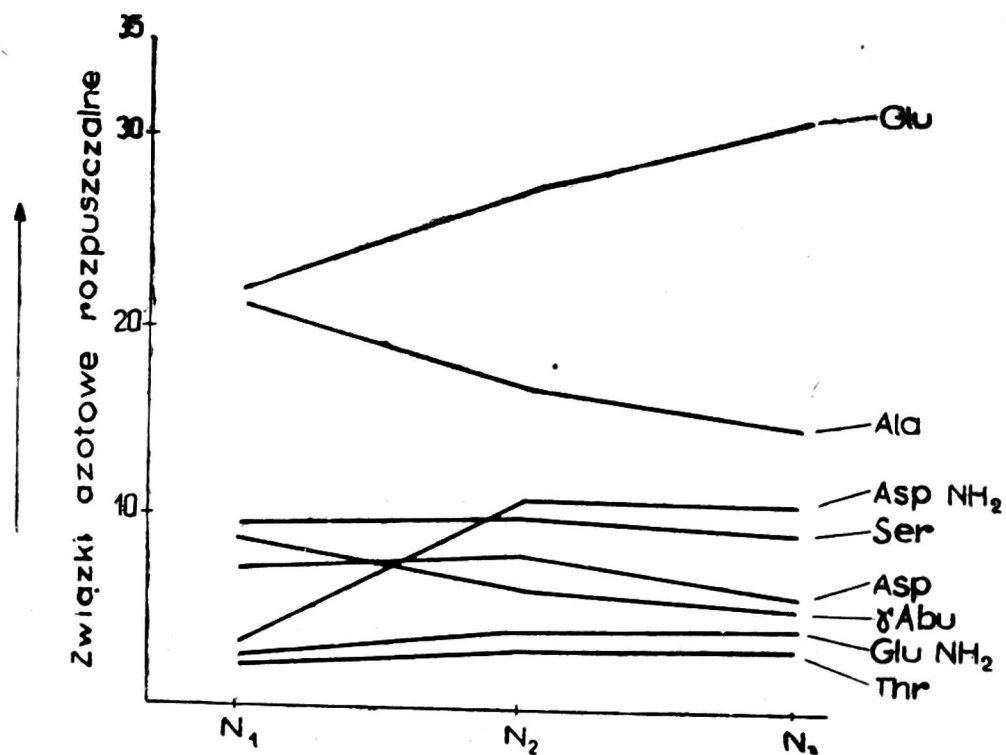
Rys. 4. Zawartość białka w sianie kupkówki przy wzrastającym nawożeniu azotowym, dawki jednorazowe (a); zawartość białka w trzech pokosach siana kupkówki przy nawożeniu 480 kg N, po ruszeniu wegetacji — linia ciągła, nawożenie rozdzielone na trzy pokosy — linia przerywana (b) wg (29)

azotowe roślin niemotylikowych było bardzo wysokie wiosną, lecz nie było go wcale w późniejszym okresie. Mianowicie wysokie nawożenie azotowe zmienia udział poszczególnych aminokwasów w białku surowym, przybywa amidów, nawet amoniaku, maleje natomiast procentowa zawartość aminokwasów egzogennych, a szczególnie takich, jak metionina, cysteina, cystyna oraz niektórych aromatycznych. Udział aminokwasów zasadowych, a szczególnie argininy, nie maleje (rys. 5, 6, tab. 1). Spowodowane to jest, ogólnie rzecz biorąc, procesem przekształcania węglowodanów w amidy. Zmienia się również proporcja między białkami zapasowymi i enzymatycznymi; tylko te ostatnie zawierają wszystkie aminokwasy. Z tablic Przybylskiej wynika, że dawki azotu były, raz bardzo wysokie, innym razem żadne, lub bardzo niskie.

Rola czynników środowiskowych jest, jak widać w niektórych pracach, niedoceniana, jeżeli chodzi o interesujące nas właściwości, a więc zawartość „białka” oznaczonego metodą Kjeldahla, zawartość egzogennych aminokwasów oraz azotowych związków o właściwościach szkodliwych dla organizmu zwierzęcego. Niektóre czynniki środowiskowe silnie wpływają na ich poziom w pewnych gatunkach roślin, nie wpływają natomiast w innych. Znane są przykłady, że niektóre rośliny pa-



Rys. 5. Wzrost zawartości asparaginy, kwasu asparaginowego i glutaminowego pod wpływem wzrastających dawek mocznika (12)



Rys. 6. Zmiany proporcji aminokwasów w puli wolnych aminokwasów pod wpływem wzrastającego nawożenia azotem (12)

Tabela 1

Zmiany składu frakcji wolnych aminokwasów w liściach tytoniu pod wpływem nawożenia azotowego w mg<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (wg Oczosiowej\*)

Nawożenie g/wazon	1	2	wzgl. *	3	wzgl.
Suma wolnych aminokwasów	666,5	1595,5	239,4	1944,0	291,7
Lizyna	28,5	72,0	252,6	86,0	301,7
Histydyna	20,0	78,5	392,5	98,5	492,5
Arginina	37,5	93,9	248,0	117,5	313,3
Suma zasadowych	86,0	243,5	286,5	302,0	351,2
Fenylalanina	10,0	14,0	140,0	16,5	165,0
Tyrozyna	17,0	23,0	135,3	35,5	208,8
Suma aromatycznych	27,0	37,0	137,0	52,0	192,6
Metionina	10,5	13,5	128,5	16,5	157,1
Cysteina	2,5	4,5	180,0	6,0	240,0
Suma siarkowych	13,0	18,0	138,5	22,5	173,1
Leucyna	19,5	28,0	143,6	36,5	187,2
Walina	54,0	161,5	299,0	223,0	412,9
Glicyna	41,0	55,0	134,1	64,0	156,0
Seryna	55,0	80,5	146,3	95,0	172,7
Suma wybranych obojętnych	169,5	325,0	191,7	418,5	246,9
Asparagina	30,0	106,5	355,0	131,0	436,7
Kwas asparaginowy	78,0	136,5	175,0	152,5	195,5
Glutamina	64,0	147,5	230,4	179,0	279,7
Kwas glutaminowy	86,5	185,0	213,9	230,5	266,5
Kwas $\gamma$ -aminomasłowy	23,0	99,5	432,6	109,5	476,0
	281,5	675,0	239,8	802,5	285,1

\* 1 = 100

\*\* Pam. Puł. z 36, 1969 str. 251—280

stewne, które w jednym kraju są uznawane za zupełnie nietoksyczne, w innych powodują silne zatrucie karmionych nimi zwierząt. Często odnosi się to do tych samych odmian. Populacje *Lotus tenuis*, *L. corniculatus*, *Trifolium repens* i *Trifolium hybridum* składają się z osobników, wytwarzających trujące glukozydy — lotoaustralinę i linamarynę oraz z takich, które tych glukozydów nie syntezują wogóle, albo syntezują je w bardzo małych ilościach (1). Osobniki ostatniej grupy, przeniesione w inny rejon, mogą nagromadzać znaczne ilości glukozydów cyjanogennych.

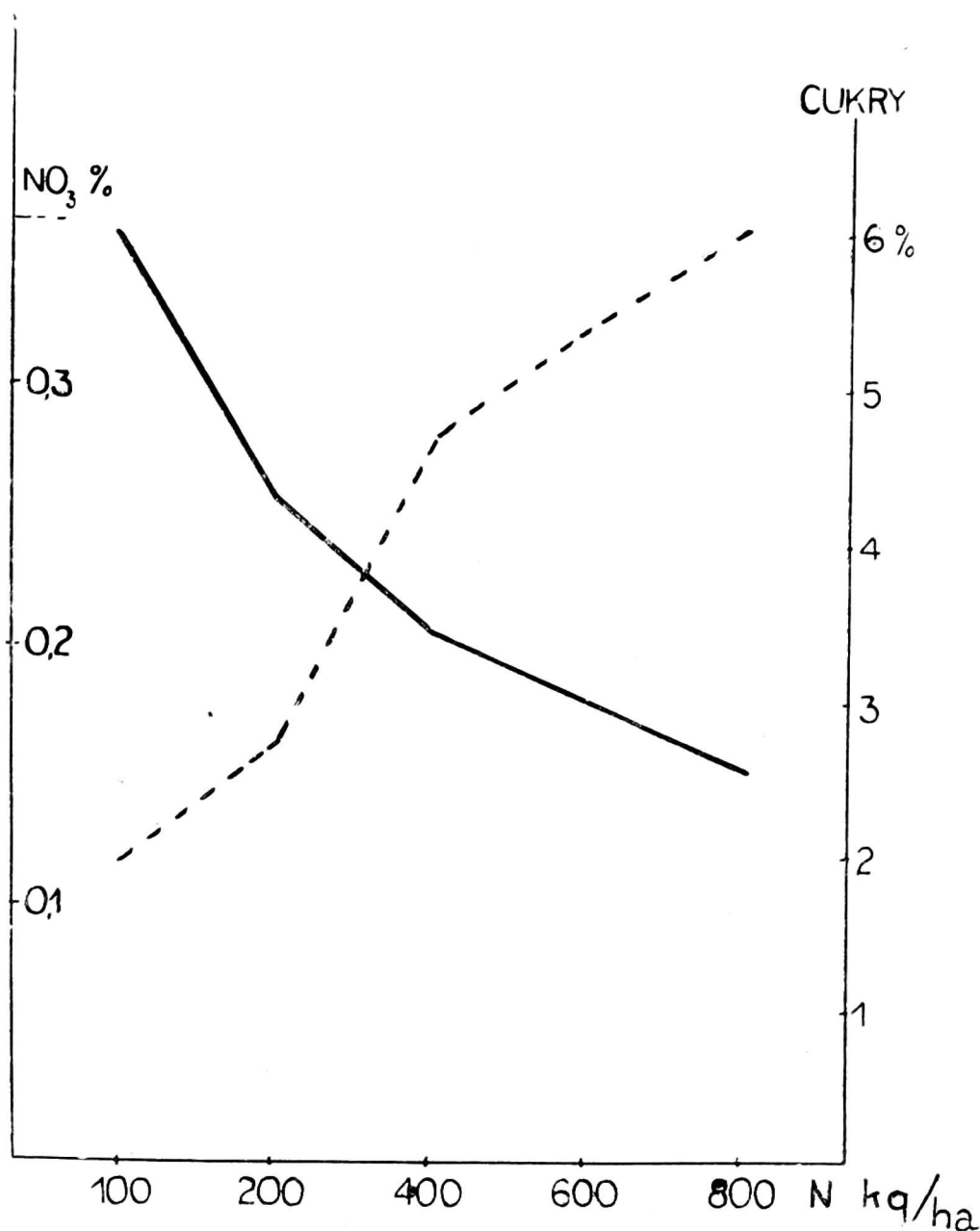
W ostatnich latach nagromadziło się wiele danych o występowaniu

alkaloidów pirolizydynowych w roślinach znanych z tego, że są bezalkaloidowe. Dotyczy to przede wszystkim rodzajów *Lolium* i *Festuca*.

Interesującym faktem jest to, że wszystkie dane o występowaniu alkaloidów w trawach pochodzą z rejonów o suchym i ciepłym klimacie, gdzie równocześnie gleby są zasobne w azotany.

Z naszych badań nad syntezą alkaloidów łąbinowych w różnych porach roku wynika, że synteza zależna jest od temperatury i czasu nasłonecznienia roślin. Skład frakcji alkaloidów jest różny, zależnie od pory roku (Nowacki i wsp.).

Poziom azotu w roślinie zależy istotnie od stosunku dostępnych związków azotowych w glebie i aktywności fotosyntezy. U roślin niemotylkowych pierwszą reakcją na zwiększenie dawki soli, zawierających azot, jest wzrost masy rośliny, z nieznacznym wzrostem procentowego udziału



Rys. 7. Zmiany w zawartości węglowodanów i azotanów pod wpływem wzrastających dawek nawozów azotowych (4)



„białka” w masie. Dalsze dawki powodują coraz mniejszy przyrost masy, lecz „białko” wzrasta nadal tak, że w efekcie otrzymujemy rośliny, zawierające 3 do 4 razy więcej azotu, aniżeli zawierają go osobniki nienawożone. Analiza jakościowa wykazuje poważne zmiany frakcji. Pierwszą reakcją jest wzrost zawartości amidów, przy równoczesnym spadku ilości węglowodanów. Pogłębiająca się dysproporcja w podaży związków azotowych i węglowodanów prowadzi do syntezy różnego rodzaju alkaloidów, nitryli itp. związków, zaczyna się nagromadzać również wolny amoniak i niezredukowane azotany (rys. 7).

Jak wykazały nasze badania, reakcje poszczególnych gatunków, odmian, czy nawet osobników, nie są jednakowe; jedne organizmy wcześniej przechodzą w stadium nieproporcjonalnego nagromadzania „białka”, inne później. Zależy to w dużej mierze od wyjściowej zawartości węglowodanów i związków azotowych w roślinie. I tak np. łubin reaguje na każdą dawkę azotu zmianą proporcji związków azotowych, natomiast takie rośliny, jak kapusta, czy wiele traw, reaguje w podobny sposób dopiero po przekroczeniu wysokich dawek, zaś owies, czy owsik toleruje jeszcze wyższe dawki związków azotowych. Wartość pokarmowa białka, niezależnie od nagromadzania się azotowych związków trujących, również ulega zmianom. Proporcja białek enzymatycznych, zawierających znaczne ilości aminokwasów egzogennych, do białek zapasowych, ulega zwiększeniu na korzyść tych ostatnich. W białkach zapasowych większy jest udział aminokwasów endogennych.

W świetle przytoczonych spostrzeżeń, konieczne jest szczegółowe podanie warunków ekologicznych, w jakich rosła badana roślina. Wszystkie niemotylkowe rośliny reagują bowiem na zmianę ilości dostępnego azotu w glebie, bardzo gwałtownie. Rośliny motylkowe w ogóle nie reagują, albo reagują dopiero po podaniu takich dawek związków azotowych, które nie tylko równoważą biosyntetyczną aktywność *Rhizobium*, ale ją przekraczają.

Ogólnie rzecz biorąc, rośliny motylkowe nienawożone związkami azotu, swym składem chemicznym przypominają wysokonawożone rośliny niemotylkowe.

Wyniki wszystkich badań, w których dokładnie kontrolowano warunki nawożenia, wskazują na jednoznaczny kierunek zmian chemicznych w roślinie. Pod wpływem nawożenia azotem wzrasta zawartość „białka surowego”, zmniejsza się zawartość cukrów, nieco maleje zawartość części niestrawnych.

Generalnie — rośliny wysoko nawożone, swym składem chemicznym przypominają rośliny młodsze. Rozwój ontogenetyczny — pod względem cech morfologicznych, jak kwitnienie, dojrzewanie, jest opóźniony.

O tych zmianach lepiej mogą przekonać tabele i wykresy, które zosta-

ły wybrane celowo z różnych prac, przeprowadzonych na bardzo różnych roślinach. Przedstawione liczby wykazują, że ogólna tendencja jest bardzo jasna (tab. 2—7).

Tabela 2

Zmiany składu chemicznego kupkówki średnia dla 9 odmian (34)

	N a w o ż e n i e			
	3	6	9	12
Plon zielonej masy g	43,22	86,66	176,66	228,05
Plon suchej masy g	8,938	15,408	27,983	33,797
% suchej masy	20,68	17,78	15,84	14,82
% białka	10,18	14,58	18,88	20,17
% azotanów	0,014	0,061	0,300	0,540

Tabela 3

Reakcja kalafiorów na nawożenie azotem (wg Pimpini, Venter, Wunsch \*)

N kg/ha	Azotany	Wzgl.	N-białko	Wzgl.
0	0,085	100	1,79	100
100	0,094	110,58	1,94	108,37
200	0,112	131,76	2,10	117,31
300	0,142	167,05	2,29	127,93

\* Mat. Międzynarod. Kongr. Ogrodn.

Tabela 4

Reakcja marchwi na nawożenie azotem w liczbach względnych (wg J. Habben \*)

N g/waz.	Plon korzeni	Karoten	Cukry	Azotany	Azot	Włókno
0,3	100	100	100	100	100	100
0,6	114,9	101,5	102,02	100	121,6	98,9
1,2	120,9	108,1	102,80	125	168,9	97,8
2,4	120,0	107,3	103,00	250	212,1	94,8

\* Mat. Międzynarod. Kongr. Ogrodn.

Tabela 5

Wpływ nawożenia na plon i skład chemiczny liści tytoniu (wg Wirowskiego i Araźnej\*\*)

Nawożenie N kg/ha	40	60	wzgl. *	80	wzgl.	100	wzgl.
Plon suchej masy	20,6	21,9	106,3	22,8	110,7	23,5	114,1
procent „białka”	15,4	15,8	102,6	15,6	101,3	16,6	107,8
procent nikotyny	0,93	1,11	119,4	0,97	104,3	1,13	121,5

\* 40 = 100

\*\* Pam. Puł. 49, 1971 str. 127—147

Tabela 6

Wpływ nawożenia azotem na plon i skład chemiczny liści tytoniu (wg Oczosiowej\*\*)

Nawożenie N g/waz.	1	2	wzgl. *	3	wzgl.
Plon	23,7	35,5	149,8	38,5	162,4
% surowego „białka”	12,8	20,7	161,7	25,4	198,4
% białka właściwego	11,3	15,8	139,8	17,6	155,8
% nikotyny	0,50	0,75	150,0	0,96	192,0
% cukrów	15,9	9,9	62,3	7,9	49,7
% fenoli	2,4	1,6	66,7	1,1	45,8

\* 1 = 100

\*\* Pam. Puł. z. 36, 1969, str. 251—280

Tabela 7

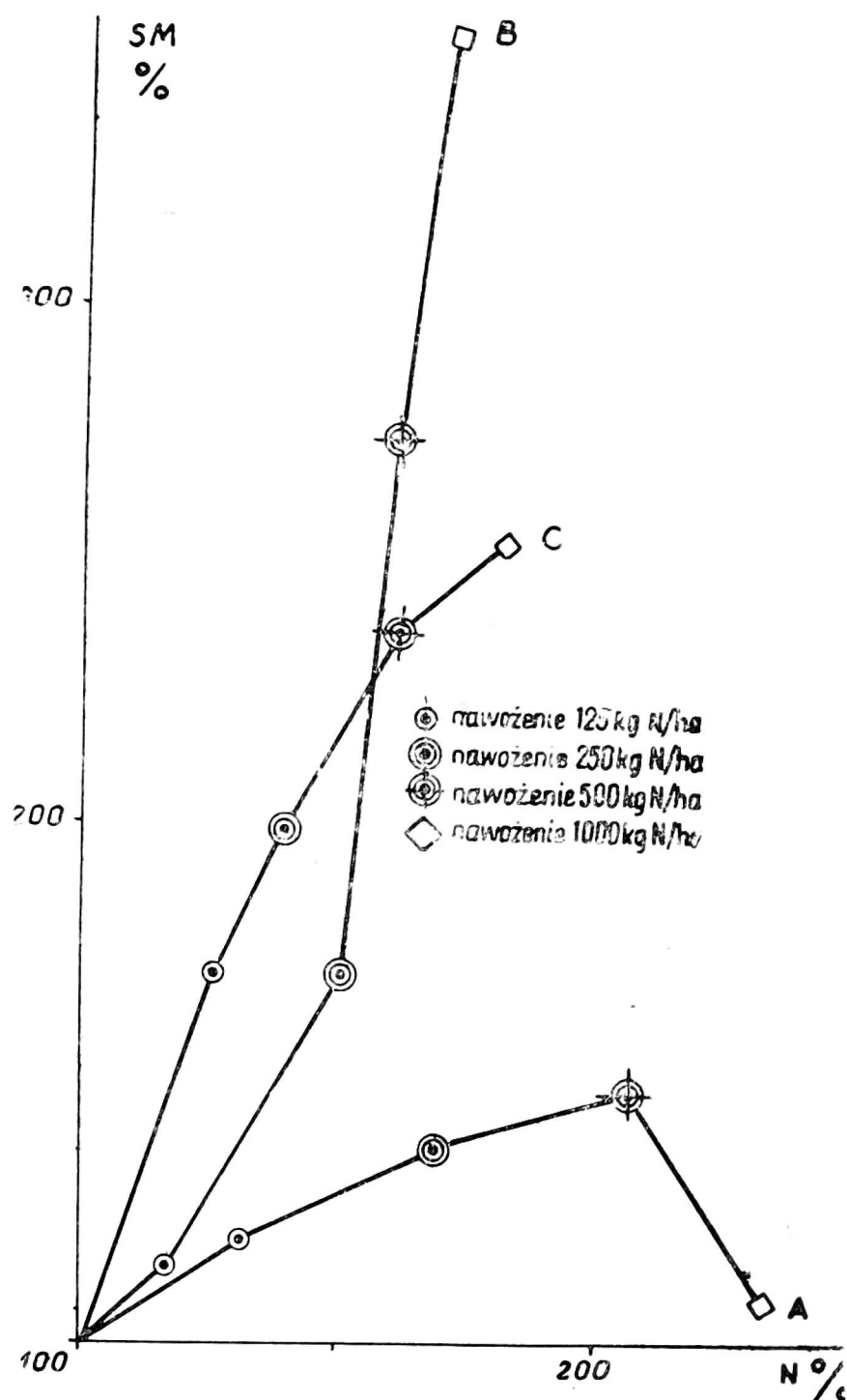
Zawartość olejków gorczycznych w odtłuszczonych nasionach rzepaku w zależności od poziomu nawożenia azotowego (32)

	Nawożenie N w g/wazon			
	0	0,4	0,8	1,2
Izotiocyanaty %	4,56	4,30	4,14	3,64
Tiooxalidony %	3,88	3,75	3,44	3,22
Σ olejków	8,44	8,05	7,58	6,86
wzgl.	100	95,4	89,8	81,3

### Różnice genetyczne — problem dla hodowli

Napisane powyżej zdanie „Prawie wszystkie trawy reagują jednakowo na nawożenie azotowe”, mogłoby brzmieć pesymistycznie, gdyby nie było odstępstw od tej reguły, tzn., gdyby pod wpływem nawożenia zawartość

azotu wzrastała o wiele szybciej od plonu suchej masy i gdyby we wszystkich roślinach następowało nagromadzenie trucizn, biogennych amin i azotanów po przekroczeniu określonego poziomu nawożenia np. 180 kg N/ha. Tak jednak nie jest, poszczególne odmiany, a raczej genotypy, reagują różnie i tak; jedne przechodzą wcześniej w stadium nieproporcjonalnego nagromadzania „białka”, inne dopiero przy wiele wyższych poziomach nawożenia azotowego. Podobne wyniki w badaniach nad dotychczasowymi odmianami wytłumaczyć można tym, że najczęściej odmiany różnią się tylko nieznacznie udziałem poszczególnych genotypów.



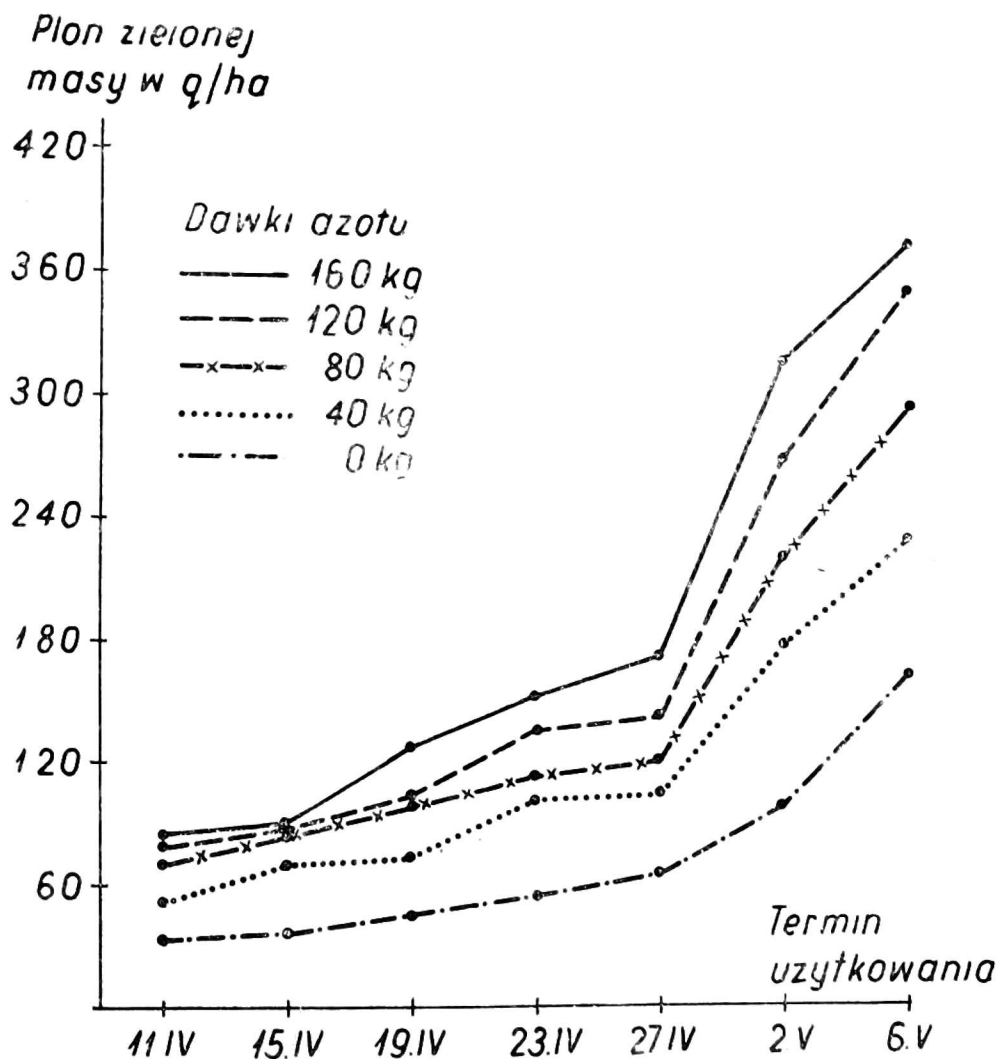
Rys. 8. Reakcje trzech gatunków roślin na nawożenie azotowe. A. Kanar, B. stolęsa uniolowata, C. kapusto-rzepik Wima. Pod wpływem nawożenia azotem może wzrastać silniej bądź to zawartość azotu reakcja A lub plon suchej masy reakcja B (17)

Badania przeprowadzone na klonach traw wykazały, że genotypy — klony różnią się istotną reakcją na nawożenie azotowe, tzn., że przy ogólnie obowiązującej tendencji, przebieg krzywych wzrostu plonu i nagromadzenia azotu jest mniej lub bardziej stromy.

W naszych badaniach (Nowacki, Weznikas) wyróżniliśmy trzy różne typy reakcji na nawożenie azotowe. A — reakcja zła — przyrost plonu suchej masy jest słaby, wzrasta natomiast zawartość „białka”, a z tym bardzo zawartość azotanów, B — reakcja bardzo dobra — wzrasta plon suchej masy przy zachowanych proporcjach związków azotowych do węglowodanów, C jest reakcją pośrednią (rys. 8).

Dotychczas zajmowaliśmy się przede wszystkim rozważaniami nad reakcją roślin niemotylikowych na nawożenie azotem. Dotyczyły one wzrostu plonu suchej masy z części wegetatywnych.

Zielonka z roślin pastewnych jest paszą przede wszystkim dla przeżuwaczy. Problem, który się wyłonił, to zmiana jakości paszy pod wpływem nawożenia, a mianowicie, zwichnięcie proporcji między związkami azotowymi a węglowodanami.

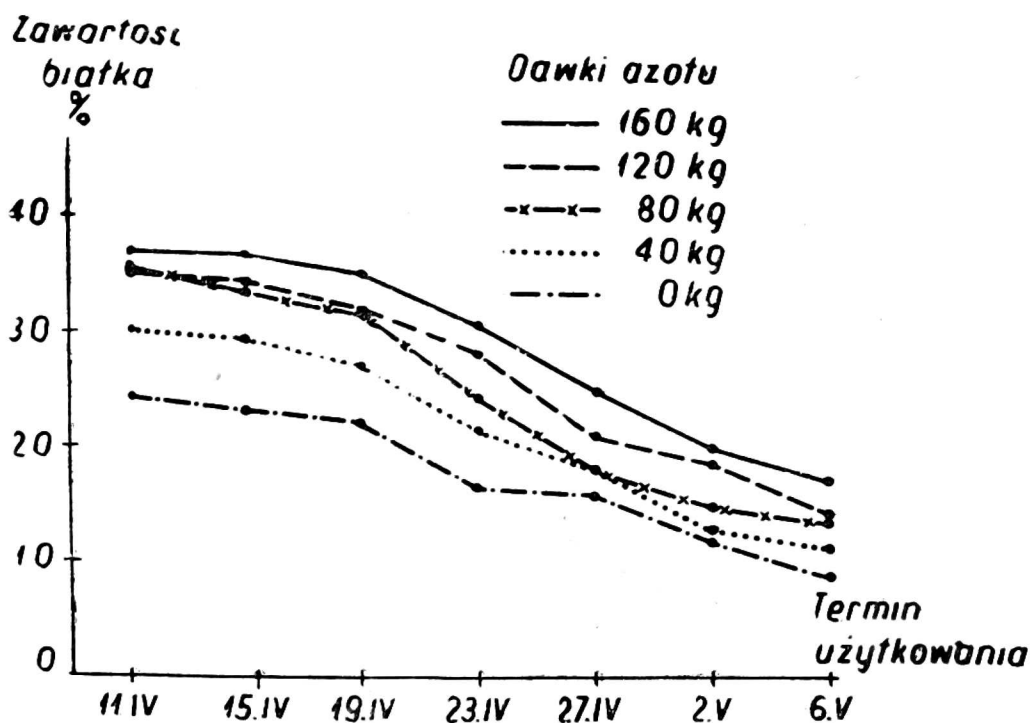


Rys. 9. Plon zielonej masy żyta na zielonkę przy różnym nawożeniu azotem i różnych terminach zbioru. Wg Górnego

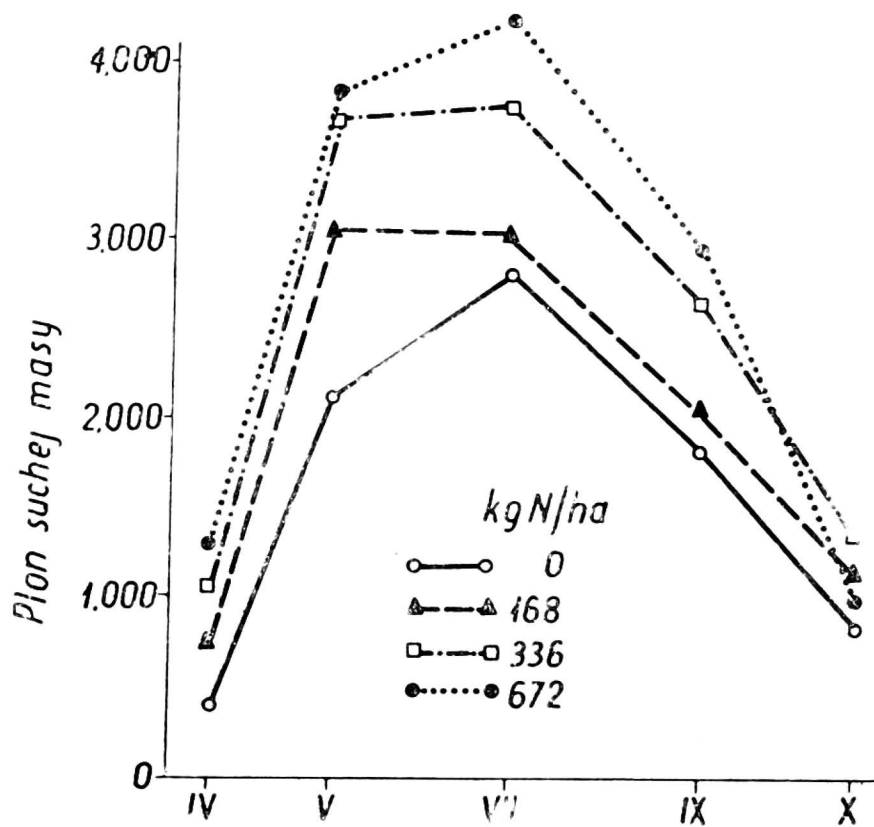
Dzięki symbiozie z bakteriami żwacza, zwierzęta przeżuwające nie są wrażliwe na deficyt egzogennych aminokwasów, reagują natomiast na zachwianie proporcji pomiędzy związkami azotowymi i węglowodanami. Gdy tych ostatnich jest zbyt mało, uwalniający się amoniak powoduje toksyczne efekty. Równocześnie ze wzrostem zawartości „białka surowego” wzrasta zresztą nieproporcjonalnie szybciej zawartość azotanów, które w wyniku reakcji mikrobiologicznych mogą przekształcać się w azotyny, powodując metheboglobinemię (nitrozoglobinemię) zwierząt. W przypadku przeżuwaczy można byłoby, w oparciu o dotychczasowe wyniki, zaproponować hodowlę traw na podstawie analizy rodów, czy klonów, przy różnych poziomach nawożenia np. 150 i 400 kg N/ha. Rośliny, u których plon suchej masy wzrasta wolniej, aniżeli zawartość azotu, należy usunąć z hodowli (rys. 13—14).

Zupełnie inaczej wygląda sprawa zaopatrzenia w białko zwierząt nieprzeżuwających — trzody chlewnej i drobiu. Dla tych zwierząt najistotniejszą jest zawartość egzogennych aminokwasów w paszy. Paszą dla nieprzeżuwaczy jest przede wszystkim ziarno. Zielonki, czy susz z zielonek mogą stanowić tylko dodatek witaminowy. Przekroczenie określonego poziomu zielonek w paszy powoduje zmniejszenie przyswajalności, spowodowanej dużą zawartością włókna.

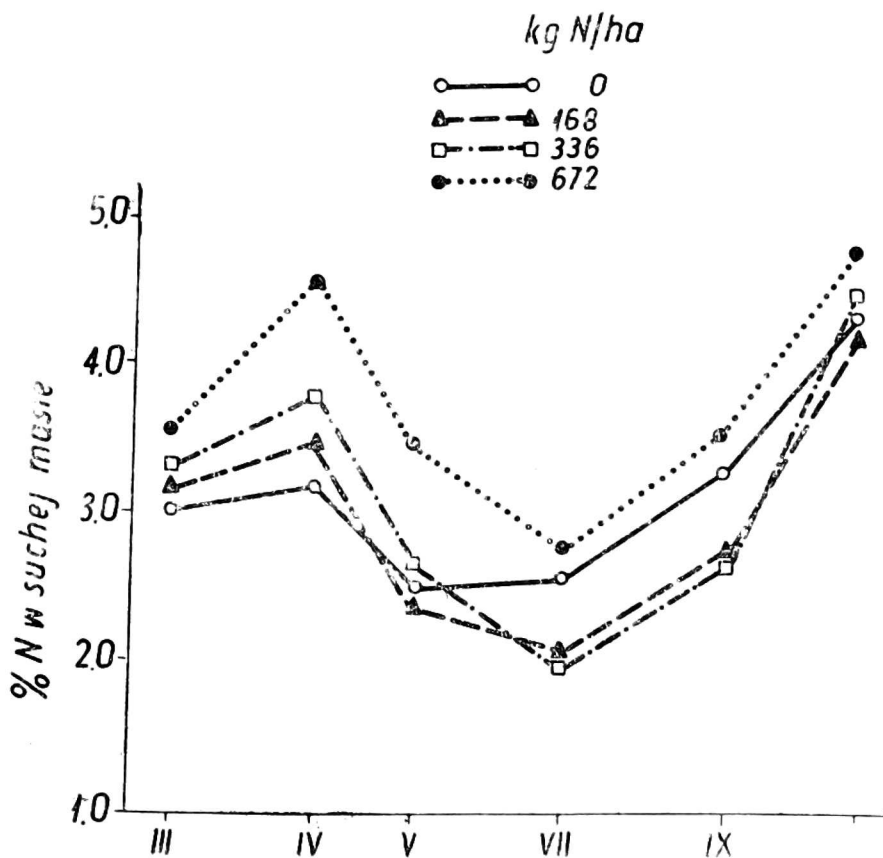
W ostatnich latach nastąpił znaczny wzrost produkcji bogatych w węglowodany pasz: zbóż i ziemniaków. Aby ekonomicznie wykorzystać te ilości węglowodanów, należałoby zwiększyć ilość białkowych składników paszy. Są to przede wszystkim importowane: śruta sojowa i mączka ryb-



Rys. 10. Zawartość białka ( $N \times 6,25$ ) w życie zbieranym na zielonkę przy różnym nawożeniu azotem i terminie użytkowania (8)

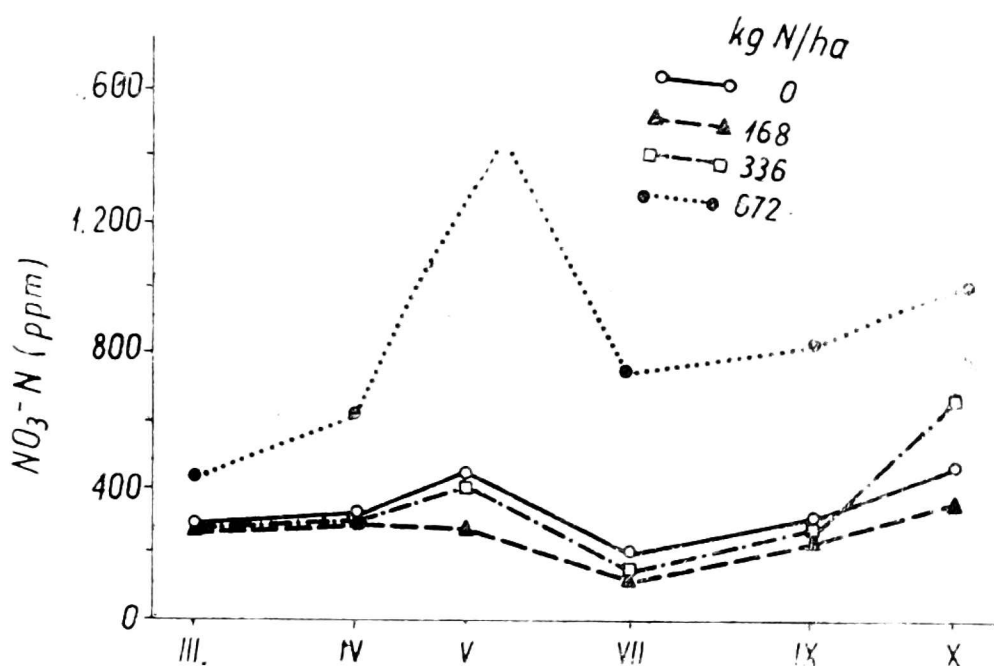


Rys. 11. Wpływ nawożenia azotowego na plon suchej masy traw w różnych terminach zbioru (6)

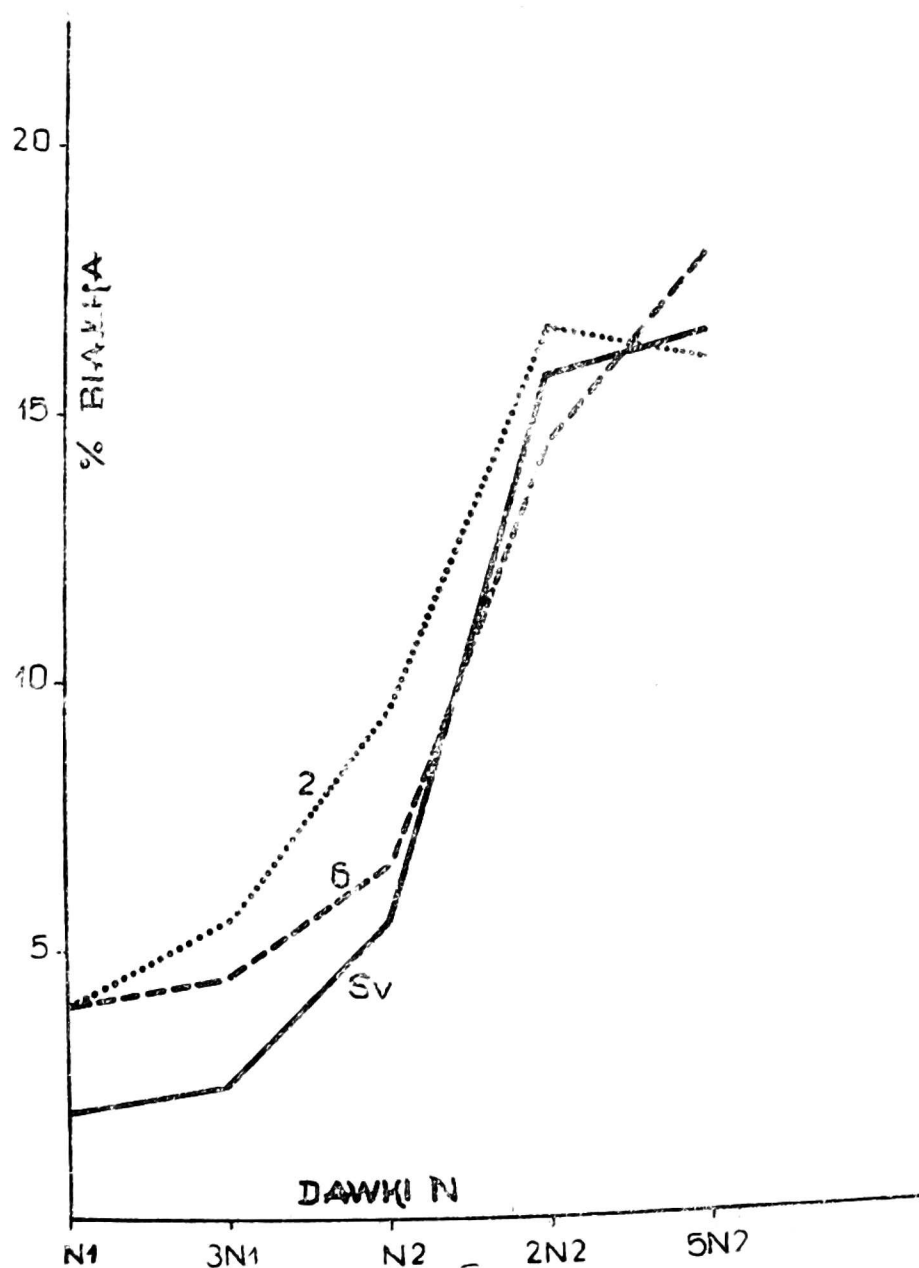


Rys. 12. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotu w trawach (6)

na. Gdyby jednak można było wyprodukować zboża, czy ziemniaki o wyższej zawartości białka, przy identycznym plonie, można byłoby zmniejszyć dodatek pasz wysokobiałkowych. Takie możliwości istnieją. Wszyst-



Rys. 13. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość azotanów w sianie (6)



Rys. 14. Wpływ nawożenia na procent białka w ziarnie jęczmienia; Sv, 2, 6 — oznaczenia rodów hodowlanych (14)



kie nasze zboża reagują na nawożenie azotowe zwyżką zawartości białka, jest to białko o prawie niezmienionym składzie chemicznym — jest go po prostu więcej. Nawet przy niezmienionym plonie, opłacalna jest zamiana węglowodanów na białko.

Dotychczasowa hodowla szła w kierunku maksymalnych plonów, przy minimalnym nawożeniu. Dlatego też większość odmian reaguje na nawożenie wyleganiem. Możliwa jest jednak hodowla zbóż przy wysokim nawożeniu azotem — zbóż, które miałyby 18, czy 20% białka. Podobnie, jak w selekcji roślin uprawianych na zieloną masę, rośliny na ziarno należałoby hodować w warunkach wysokiego nawożenia azotem. Wówczas uda się wyizolować genotypy niewylegające przy wysokim nawożeniu, zwiększające jednak procent białka w ziarnie (rys. 15—16).

Podobny problem wyłania się w hodowli ziemniaka. Wyhodowanie ziemniaków, które miałyby ponad 10% białka w suchej masie, stanowiłoby osiągnięcie, zmniejszające import wysokobiałkowych dodatków do pasz węglowodanowych. Istnieją w przypadku tych roślin zdecydowane różnice genotypowe. Można bowiem otrzymać genotypy, które przy niezmienionym plonie ziarna, czy suchej masy ziemniaków, produkowałyby wyższy plon białka.

Dla roślin przeznaczonych na zielonkę dla przeżuwaczy, zadanie brzmi inaczej; należy szukać genotypów, które zwiększyłyby plon suchej masy, bez zmiany udziału węglowodanów i „surowego białka”.

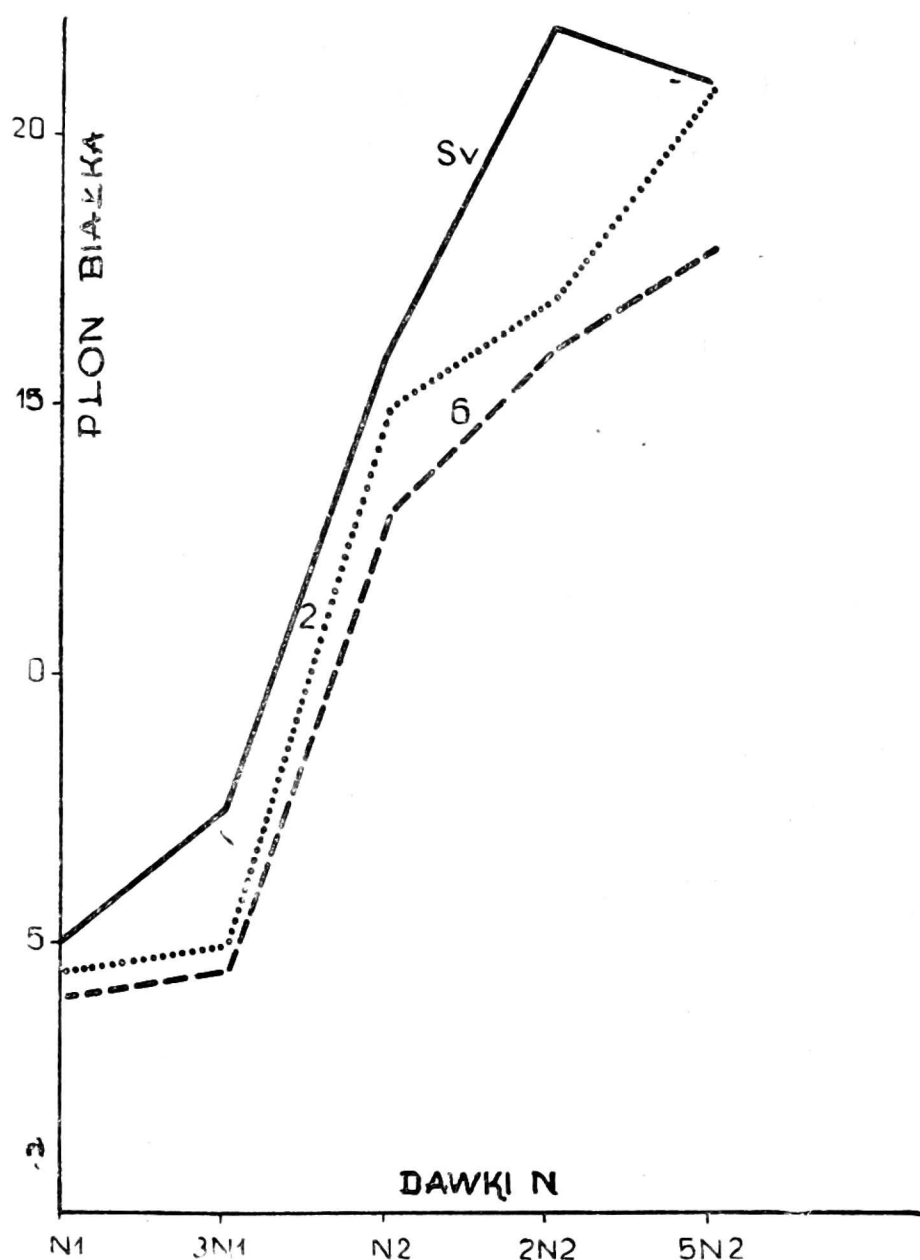
Te dwa zadania, wynikające z różnych potrzeb zwierząt gospodarskich, stawiają przed hodowlą roślin następujące problemy:

Dla nieprzeżuwaczy: — zwiększyć produkcję białka właściwego, **bo-**gatego szczególnie w limitujące aminokwasy — lizynę, metioninę i tryptofan.

Dla przeżuwaczy — zwiększyć produkcję łatwo przyswajalnych węglowodanów.

Zwiększenie produkcji drobiu, czy mięsa wieprzowego przy dostatecznej ilości białka, jest łatwe. Dzięki wysokiemu współczynnikowi rozmnażania drobiu i trzody chlewnej. Czynnikiem limitującym jest przede wszystkim zaopatrzenie w białko. Głównym producentem mięsa przeżuwaczy jest u nas bydło, jego rozmnażanie jest trudniejsze. Zwiększenie natomiast produkcji pasz wydaje się łatwiejsze, szczególnie gdyby hodowla roślin mogła szybko dostarczyć nowych odmian roślin niemotylkowych, dających wysokie plony zielonki, bogatej w węglowodany. Zapotrzebowanie na białko u przeżuwaczy można bowiem przynajmniej częściowo pokryć dodatkiem mocznika, czy siarczanu amonu.

Prawie wszystkie uprawiane w Polsce na zielonkę rośliny niemotylkowe reagują wg reakcji A, tj. przy miernym wzroście plonu suchej masy, wzrasta silnie zawartość azotu, który mnoży się zwyczajowo razy



Rys. 15. Wpływ nawożenia azotem na plon białka u 3 odmian jęczmienia; Sv, 2, 6 — oznaczenia rodów hodowlanych (14)

współczynnik 6,25, otrzymując tzw. białko surowe. Gdy tego białka jest zbyt dużo, ponad 18% suchej masy, jest ono słabo wykorzystane, azot tylko obciąża system wydalniczy zwierząt.

#### *Problemy agrotechniczno-hodowlane*

Skoro dzięki nawożeniu azotowemu możemy zmienić skład chemiczny rośliny w pożądanym kierunku, wydawałoby się, że metodami agrotechnicznymi można rozwiązać problem białka. Z powyżej już przedstawionych powodów nie jest to droga do pełnego rozwiązania problemu. Istnieją różnice genetyczne powodujące, że poszczególne odmiany roślin, a nawet ich genotypy, lepiej lub gorzej wykorzystują podany azot mineralny.

Ze względu na przeznaczenie roślin, powinno się zaproponować trzy kierunki hodowli: 1) pasza dla przeżuwaczy, 2) ziarno dla nieprzeżuwaczy, 3) preparaty białkowe dla nieprzeżuwaczy.

Pasza dla przeżuwaczy. Hodowla powinna wyprodukować genotypy roślin, które wykorzystywałyby azot przede wszystkim do zwiększenia plonu suchej masy. Takie trawy i rośliny krzyżowe istnieją. Wśród traw jest to stokłosa uniolowata (*Bromus unioloides*). W Polsce jedyną odmianą w rejestrze odmian jest wyhodowana w IUNG przez S. Sulinowskiego — Una. Zbliżone reakcje wykazują niektóre genotypy stokłosa bezostnej (*B. inermis*), kostrzewy trzcinowatej (*Festuca arrundinacea*) i perzu (*Agropyrrum intermedium*). W innych gatunkach traw można jednak również znaleźć genotypy, które reagowałyby podobnie, jak stokłosa uniolowata.

Wszystkie zbadane przez nas rośliny krzyżowe reagują pośrednio, tzn. wzrostowi suchej masy pod wpływem nawożenia azotowego, towarzyszy wzrost białka ogólnego, mniej więcej w tym samym stopniu, niemniej i tu istnieje możliwość dla hodowli odmian lepiej nadających się na paszę dla bydła, czy owiec.

Dobrym źródłem węglowodanów dla przeżuwaczy, może być susz z całych roślin kukurydzy, zbieranych w fazie dojrzałości woskowej. Dysponując zielonką, czy kiszoną traw o zawartości białka około 15—20% i suszem z kukurydzy, możemy ekonomicznie wykorzystać białka zawarte w trawach. W żywieniu przeżuwaczy istotnym czynnikiem jest strawność węglowodanów szkieletowych, hemiceluloz, celulozy, a nawet ligniny. Hodowcy i agrotechnicy powinni zwrócić uwagę na strawność produkowanego materiału roślinnego (Nowacki i Pestka).

Ziarno dla nieprzeżuwaczy. Zwierzęta nieprzeżuwające nie mogą w paszy mieć zbyt dużo części niestrawnych. Dla tych zwierząt niestrawne są cała celuloza i lignina oraz znaczne ilości hemiceluloz. Wymagania żywieniowe są następujące: strawność 85—95%, zawartość białka 12—25%. Ważna jest zawartość egzogennych aminokwasów, a przede wszystkim lizyny, metioniny i tryptofanu. Diety dla tych zwierząt komponuje się z ziarna zbóż i nasion roślin strączkowych. Na Zachodzie zbożowym składnikiem jest kukurydza, jęczmień i sorgo. Składnikiem białkowym śruta sojowa i arachidowa, dodatkiem zwiększającym procent białka — mączka rybna. W kraju, jako składniki węglowodanowe, pod uwagę mogą być brane: jęczmień, żyto, ziemniaki i kukurydza; źródłem białka mogą być krajowe rośliny strączkowe: łubin, bobik i groch.

Plony roślin strączkowych są u nas bardzo niskie, wobec tego byłoby wskazane, aby zboża były bogatsze w białko, w ten sposób zmniejszałoby się procentowy dodatek śruty z roślin strączkowych.

Przeznaczenie zbyt dużego procentu ryb na produkcję mączki rybnej, ze względu na znaczne oddalenie łowisk, jest z ekonomicznego punktu widzenia nieopłacalne.

Dodatkowym źródłem białka, wzbogacającym paszę dla nieprzeżuwaczy, powinny być koncentraty białkowe.

Koncentraty białkowe. W ostatnim dziesięcioleciu wiele badań przeprowadzono nad rolniczą produkcją białka dla nieprzeżuwaczy. Jeżeli przyjmiemy, że plon jęczmienia wynosi 40 q/ha i zawiera 10% białka, a plon nasion z łubinu wynosi 15 q/ha i zawiera 40% białka, to otrzymujemy w pierwszym przypadku 400 kg białka, a w drugim 600 kg białka z tym, że pierwsze jest rozcieńczone masą węglowodanów, drugie ma niską wartość biologiczną (0,3). Gdy natomiast zanalizujemy plon białka zielonki z tych samych roślin stwierdzimy, że jęczmień da w zielonce, przy plonie 300 q/ha i zawartości suchej masy 20%, a w tym białka 18%, aż 10,8 q białka. Łubin dający 450 q zielonki, przy 15% suchej masy i 20% białka w suchej masie, daje 13,5 q białka z hektara. Tą ilość białka moglibyśmy zebrać 7 do 8 tygodni wcześniej, aniżeli z nasion. Cała trudność w tym, że białko liści jest jeszcze silniej rozcieńczone węglowodanami, co gorsze, towarzyszą mu znaczne ilości części niestrawnych; w zielonce jęczmienia aż 30—40, a w łubinie 20—30%. Ta ilość części niestrawnych powoduje to, że zielonki nie mogą być w większych ilościach dodawane do pasz dla nieprzeżuwaczy. Białko to można jednak wyprzeżować, gdyż istnieją różne metody koncentracji białka. Metody te można podzielić na suchą i mokrą: w pierwszej produkuje się susz, który mechanicznie rozdziela się na składniki bogate i ubogie w białko, w drugiej — z zielonki tłoczy się sok, z którego otrzymuje się białkowy preparat.

Przy produkcji koncentratów białkowych, poważną rolę odgrywa wiek fizjologiczny rośliny. Wzrost plonu zielonki i równoczesne opóźnienie drewnienia pod wpływem nawożenia azotem, czyni czynnik nawozowy podstawowym elementem przemysłowej produkcji koncentratów białkowych.

### Wnioski

1. Dzięki nawożeniu azotowemu, można zwiększyć plon suchej masy roślin, z których użytkuje się części wegetatywne.

2. Wzrostowi plonu towarzyszy zwiększona akumulacja azotu w suchej masie.

3. Ponieważ czynnik nawożeniowy nie był nigdy dotychczas podstawą selekcji, istnieje duże zróżnicowanie w reakcji na azot pomiędzy genotypami roślin, nawet wśród osobników jednej odmiany.

4. Nawożenie azotem ma decydujący wpływ na skład chemiczny rośliny, dlatego też we wszystkich doświadczeniach musi być szczególnie przestrzegane.

5. Istnieją możliwości hodowli zbóż w kierunku uzyskiwania form nagromadzających znaczne ilości białka w ziarnie, gdy uprawiać się je będzie przy wysokim nawożeniu azotem.

## LITERATURA

1. Blaim H., Jurzysta M., Nowacki E.: Polimorfizm biochemiczny w populacjach roślin uprawnych. *Hod. Rośl. i Nas. Biul. Branż.* 3 (36), s. 7—12, 1972.
2. Craven G. H., Mott R. L., Steward F. C.: Solute Accumulation in Plant Cells. IV. Effects of Ammonium Ions on Growth and Solute Content. *Ann. Bot.* 36, s. 897-914, 1972.
3. Aero Varis: Syysvehnä. Siemenjulkaisu, s. 27—34, 1970.
4. Falkowski M., Kukułka I.: Współzależność między zawartością azotanów, węglowodanów i barwników w trawach pastwiskowych a poziomem nawożenia azotowego. *Materiały seminaryjne IMUZ nr 9, Falenty*, s. 193—202, 1972.
5. Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Nawożenie azotowe a występowanie azotanów i rozpuszczalnych węglowodanów w trawach. *Wiad. Mel. i Łąk.* t. XIV, Nr 7, s. 203, 1971.
6. Gately T. F., Ryan M., Doyle L.: Effect of nitrogen on the yield, total-N and nitrate-N content of herbage over the growing season. *Ir. J. Agric. Res.* 11, s. 63—75, 1972.
7. Gonet Z., Nowacki E.: Uprawa owsa i innych jednorocznych roślin na zielonkę w polu intensywnej produkcji pasz. *Nowe Rolnictwo* nr 9(425), s. 14—15, 1972.
8. Górny J.: Użytkowanie żyta w poplonie ozimym. *Ulotka Resort. Ośr. Inform. CBR*, nr 2/1968, (12), Warszawa, 1968.
9. Hegnauer R.: Over de verspreiding van blauwzuur bij vaatplanten. *Pharmaceutisch Weekblad* vol. 93, s. 801—819, 1958.
10. Lampeter W., Röttschke W.: Untersuchungen über den Trockenmassezuwachs auf einer Mittelgebirgsweide in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und der Witterung sowie die Veränderungen der wichtigsten Inhaltsstoffe im Futter. 2. Mitteilung: Die Inhaltsstoffe und die Verdaulichkeit in vitro der Futtertrockenmasse in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung, dem Vegetationsstadium und dem Aufwuchs. *Z. Landeskultur* Bd. 11, H. 6-S, s. 433—457, 1970.
11. Horodyski A.: Przebieg pobierania azotu przez rzepak ozimy w zależności od wysokich dawek nawozów azotowych i pory ich zastosowania. *Pam. Puł.* s. 83—143, 1962.
12. Mengel K.: Effects of nitrogen sources on the chemical components in plants, fifth emphasis on small grains. *Nitrogen-15 in Soil-Plant Studies. Inter. Atom. Ener. Agen. Vienna*, s. 103—114, 1971.
13. Mott R. L., Steward F. C.: Solute Accumulation in Plant Cells. V. An Aspect of Nutrition and Development. *Ann. Bot.* 36, s. 915—937, 1972.
14. Munk L.: Improvement of nutritional value in cereals. *Hereditas* 72, s. 1—128, 1972.
15. Nowacki E.: Hodowla roślin pastewnych a problem jakości paszy zależnie od jej przeznaczenia. *Biul. IHAR* nr 5—6, s. 163—166, 1972.
16. Nowacki E., Waller G. R.: Factors affecting the biosynthesis and transport of ricinine in *Ricinus communis* L. *Bioch. u. Physiol. Abh. Deutsch. Akad. der Wiss. Akad.*, Verlag, s. 187—195, 1972.
17. Nowacki E., Weznikas Th.: Wpływ jednostronnego wysokiego nawożenia azotem na skład frakcji białkowej u roślin pastewnych. *Konferencja naukowa „Azot w żywieniu roślin”*, Poznań, 1971.
18. Nowacki E., Weznikas Th.: Zmiana składu chemicznego roślin pastewnych pod wpływem wysokiego nawożenia azotowego. *Mat. seminaryjne IMUZ nr 9, Falenty*, s. 110—137, 1972.

19. Przybylska J., Barbacki S., Hurich J., Kapała A., Kaszubiak H.: Badania nad wartością biologiczną białka roślin pastewnych. Cz. I. Zawartość białka surowego oraz egzogennych aminokwasów w sianie jednorocznych roślin motylkowych. Roczn. Nauk Roln. tom 93-A-3, s. 403—438, 1967.
20. Przybylska J., Barbacki S., Hurich J., Kapała A., Kaszubiak H.: Badania nad wartością biologiczną białka roślin pastewnych. Cz. II. Zawartość białka surowego oraz egzogennych aminokwasów w sianie wieloletnich roślin motylkowych. Roczn. Nauk Roln. tom 93-A-3, s. 439—462, 1967.
21. Przybylska J., Barbacki S., Hurich J., Kapała A., Kaszubiak H.: Badania nad wartością biologiczną białka roślin pastewnych. Cz. III. Zawartość białka surowego oraz egzogennych aminokwasów w sianie traw. Roczn. Nauk Roln. tom 93-A-3, s. 463—497, 1967.
22. Röttschke W., Lampeter W.: Untersuchungen über den Trockenmassezuwachs auf einer Mittelgebirgsweide in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und der Witterung sowie die Veränderungen der wichtigsten Inhaltsstoffe in Futter. Z Landeskultur. Bd. 11, s. 239—254, 1970.
23. Kivi Erkki: Uudet kevätevehnälajikkeet. Simenjulkaisu. s. 151—157, 1970.
24. Ryś R.: Niektóre problemy związane z nawożeniem trwałych użytków zielonych wysokimi dawkami azotu. Wiad. Mel. i Łąk. t. XIV, nr 7, s. 199, 1971.
25. Seidler S., Wołczakowa J., Makowska J.: Wpływ roślin pastewnych nawożonych różnymi dawkami azotu na przebieg trawienia u przeżuwaczy. Mat. seminaryjne IMUZ nr 9, Falenty, s. 138—148, 1972.
26. Seidler S., Wołczak J., Makowska J.: Wpływ nawożenia azotowego na wartość pokarmową roślin pastewnych. Część I. Wartość pokarmowa kupkówki nawożonej różnymi dawkami azotu. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. s. 46—49, 1972.
27. Seidler S., Wołczak J.: Wpływ nawożenia azotowego na wartość pokarmową roślin pastewnych. Część II. Wpływ kupkówki nawożonej różnymi dawkami azotu na przebieg trawienia u przeżuwaczy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. s. 51—60, 1972.
28. Srensen Ch.: The influence of nutrition on the nitrogenous constituents of plants. Plant and Soil X, no. 3, s. 250—265, 1959.
29. Stuczyński E.: Wpływ nawożenia azotem na wysokość i jakość plonu kupkówki (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej na paszę Pam. Puł. s. 69—116, 1969.
30. Stuczyński E., Stuczyńska J., Jakubowski S., Jasińska B.: Płonowanie i skład chemiczny kupkówki w zależności od nawożenia azotem i zaopatrzenia w wodę. Pam. Puł. s. 119—144, 1971.
31. Stuczyński E., Stuczyńska J., Skalaćki S.: Reakcja kupkówki na różne poziomy nawożenia azotem i wilgotności gleby. Pam. Puł. s. 103—128, 1970.
32. Trzebny W.: Effects of Nitrogen Fertilization and Soil Humidity on Volatile Isothiocyanate and Thiooxazolidone Content of Summer Rapeseed. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. Zesz. 91, s. 493—497, 1970.
33. Virtanen A. I.: Some Central Nutritional Problems of the Present Time. Helsinki, Finland.
34. Zawisza W.: Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie oraz zdolność gromadzenia azotanów w dziewięciu odmianach kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.). Materiały seminaryjne IMUZ nr 9, Falenty, s. 98—137, 1972.