

MARIAN FALKOWSKI, STANISŁAW KOZŁOWSKI

WSR Poznań

WPLYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO NA ZMIANY ZAWARTOŚCI CUKRÓW PROSTYCH W TRAWACH PASTWISKOWYCH

Wstęp

Działanie azotu nawozowego uwidacznia się nie tylko we wzroście plonu pastwiska i zmianach składu florystycznego, ale również w korzystnym oddziaływaniu na zawartość składników pokarmowych w trawach. Poznanie ważniejszych zmian składu chemicznego runi, zachodzących pod wpływem nawożenia azotowego może ułatwić wykorzystanie składników pokarmowych w sposób bardziej prawidłowy i racjonalny.

Do niedawna zwracano przede wszystkim uwagę na możliwość uzyskania wysokich plonów taniego i pełnowartościowego białka z pastwiska nawożonego ciągle wzrastającymi dawkami azotu, pomijając zmiany w koncentracji innych składników pokarmowych, np. węglowodanów. Spośród grupy węglowodanów największe znaczenie posiadają cukry proste redukujące rozpuszczalne w wodzie. Zawartość cukrów w trawach na pastwiskach intensywnie nawożonych jest szczególnie ważna, gdyż ich obecność w runi warunkuje wartość odżywczą i smakową paszy, a przez to także stopień wykorzystania runi pastwiska przez zwierzęta i przyswajanie białek w procesie trawienia.

Zmiany zawartości cukrów w runi w świetle literatury

Trawy pastwiskowe wykazują duże zróżnicowanie pod względem zawartości węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie. Od dawna określano niektóre gatunki traw jako bardziej słodkie i chętniej zjadane przez niektóre zwierzęta. Wiadomo, że trawą o najwyższej zawartości cukrów jest między innymi mietlica biaława, jak wskazują na to i nasze badania. Z innych traw pastwiskowych największe ilości cukrów wykazywała kustrzewa łąkowa i życica trwała, a najmniejsze kupkówka pospolita (Waite i Boyd 1953). Miejsce pośrednie zajmowała tymotka łąkowa. W ten sam sposób uszeregował wymienione gatunki Grimes i in. (1967). Również Laidlaw i Reid (1952) potwierdzają, że kupkówka zawierała mniej cukrów niż

życica trwała. Zdaniem Yonger'a i Nudge'a (1968) istotne są nie tylko różnice w ilości cukrów u gatunków traw, ale także w odmianach hodowlanych.

Cukry nie są równomiernie rozmieszczone w roślinie, gdyż największe ilości znajdują się w korzeniach. Davidson (1969) wykazał dodatnią korelację pomiędzy procentową zawartością rozpuszczalnych w wodzie węglowodanów a ciężarem korzeni. Warto zaznaczyć, że częstotliwość koszenia nie ma wpływu na poziom cukru w korzeniach (Langille i in. 1968), natomiast obniża ich zawartość w masie nadziemnej (Paulsen i Smith 1968). Według Davidsona (1969) również wzrastająca temperatura gleby obniża procent rozpuszczalnych węglowodanów w korzeniach.

W części nadziemnej najwięcej cukrów jest w łodygach, a Waite i Boyd (1953) określają sumę cukrów rozpuszczalnych w tej części trawy jako dwukrotnie większą niż w liściach. Komatsu i Okajima (1968) wykazali największą obecność cukrów redukujących w końcowym międzywęźlu wraz z osią kłosa życicy wielokwiatowej.

W zależności od stadium wzrostu, okresu wegetacji i pory dnia stężenie węglowodanów w trawach ulega ciągłym zmianom. Zawartość cukrów jest wyższa w stadium kłoszenia niż w poprzedniej fazie rozwojowej [Deinum 1966, Falkowski in., Komatsu i Okajima 1968] i dlatego trawy starsze są bardziej słodkie. Green i Beard (1969), Jasiorowski i Zezula (1962), Paulsen i Smith (1968) na podstawie wnikliwych obserwacji i badań stwierdzają spadek zawartości węglowodanów w poszczególnych odrostach runi od wiosny do jesieni. Wysoki poziom cukrów występował wówczas, gdy odrost runi był zahamowany. Falkowski i in. (1971), Waite i Boyd (1953) wspominają o znacznych zmianach w stężeniu cukrów w okresie doby.

Na zawartość cukrów w trawach duży wpływ wywierają te czynniki, które decydują o tempie fotosyntezy, a więc intensywność oświetlenia (Buchring 1968, Nowakowski i Cuningham 1966), temperatura powietrza (Blaser i in. 1966, Eagles 1967, Smith 1968, Wilson 1970) i wilgotność gleby (Blaser i in. 1966, Colby i in. 1966). Przy braku odpowiedniej wilgotności gleby jak i w wysokich temperaturach powietrza następuje zmniejszone wytwarzanie cukrów, stąd w latach suchych i upalnych trawy pastwiskowe wykazują niższe stężenie węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie.

Przedstawione powyżej zmiany w zawartości cukrów prostych rozpuszczalnych w wodzie zachodzą w większym lub mniejszym natężeniu w zależności od poziomu nawożenia azotowego. Jak się okazuje, azot nawozów może potęgować lub zmniejszać zawartość cukrów w roślinach. Wyniki badań nad wpływem zwiększającego się nawożenia azotowego na obniżanie poziomu węglowodanów przedstawił w 1960 roku Alberda

(1961) na Międzynarodowym Kongresie Łąkarskim w Reading. Od tego czasu zagadnienie zmian w zawartości cukrów prostych w trawach umieszczone bywa w programach licznych zjazdów i konferencji łąkarskich (Raymond i Spedding 1966). Współzależność ta była omawiana szczegółowo na konferencji w Wageningen i w Helsinkach, na których wyniki badań własnych referowali m. in. Achlamova, Blaser i in., Colby in., Deinum, Reid, Rhykerd i in., Raymond i Spedding. Na ten temat wykonano również wiele prac badawczych w latach 1960—1970 (Achlamova 1970, Achlamova 1970 a, Falkowski i Kukułka 1972, Falkowski i in. 1971, Green i Beard 1969, Jones i in. 1961, Jones i in. 1965, Jasiorowski i Zezula 1960, Koter 1969, Nidermajer i Słuszanski 1967, Nowakowski 1969, Nowakowski i in. 1965, Paulsen i Smith 1968, Smith 1968].

Powszechnie panuje pogląd, że nie można wyznaczyć liniowej zależności pomiędzy wzrastającym nawożeniem azotowym a obniżaniem się poziomu węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w trawach, jednak Lefèvre i Joliet (1968) wykazali, że zawartość cukrów w kupkówce jest odwrotnie proporcjonalna do ilości wprowadzonego metabolizowanego azotu.

W związku ze spadkiem koncentracji cukrów w trawach pastwiskowych należy się liczyć z możliwością gorszego zakiszania traw (Alberda 1961), z mniejszym wykorzystaniem białka przez przeżuwacze (Jasiorowski 1966), z obniżoną odpornością roślin na choroby (Borys 1963) i słabszą zimotrwałością (Younger i Nudge 1968).

Przy wzrastającym nawożeniu azotowym pastwisk i obniżaniu się zawartości węglowodanów w runi, pewnym zmianom ulegają wartości smakowe paszy, co nie uwidacznia się jednak w ilości pobranej zielonki przez zwierzęta (Bland i Dent 1964). Również w naszych badaniach zaobserwowano, że najwyższy poziom wykorzystania pastwiska — 99% wystąpił przy nawożeniu 300 kg N/ha. Jest możliwe, że krowy są mniej wybredne od koni, które prawdopodobnie szybciej reagują na zmiany w runi nawożonej wysokimi dawkami azotu.

Zagadnienie występowania węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w runi pastwiska, w świetle nowszych badań jest bardzo złożone i zależne nie tylko od wielkości zastosowanego nawożenia azotowego. Jak się okazuje pewien wpływ wywiera nawożenie fosforem (Hecht-Buchholtz 1968), potasem (Koter 1969, Nowakowski 1969, Word 1960), a także siarką (Rending i McComb 1961) czy chlorem (Seidler 1969).

W zakończeniu przeglądu literatury dotyczącej problemu występowania i zmian w koncentracji węglowodanów w trawach pastwiskowych należy podkreślić brak jednorodnej metodyki badawczej w omawianych pracach. Oznaczane są wielocukry, dwucukry i monocukry, cukry redukujące i nieredukujące. Przeprowadza się ekstrakcję wodną i alkoholo-

lową, często dokonuje się częściowej hydrolizy. Węglowodany oznacza się kolorymetrycznie i metodą Bertranda bądź rozdziela się poszczególne cukry na drodze chromatografii. Tak duża różnorodność metod w badaniach sprawia, że wyniki są zróżnicowane i trudne do porównania a ocenę należy przeprowadzić bardzo ostrożnie.

Badania własne

Badaniami objęto cztery gatunki traw, dominujące w runi badanych pastwisk, przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. W 1966 r. z pastwiska IMER w Strzeszynie koło Poznania — *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* i *Lolium perenne* a w 1968 r. z pastwiska RZD w Brodach, pow. Nowy Tomyśl — *Dactylis glomerata* i *Poa pratensis*. Próbkę do analiz pobierano przed każdym wypasem z poletek doświadczalnych, które wraz z całą kwaterą były włączone w normalną rotację pastwiskową. Poszczególne gatunki pobierano wzdłuż przekątnych poletek wyskubując około 0,5 kg zielonki zawsze w godzinach przedpołudniowych. Cukry proste redukujące rozpuszczalne w wodzie oznaczono metodą kolorymetryczną (Dubois i in. 1956), używając kolorymetru-nefelometru FEKN-57 o długości fali 508 m μ przy czym analizowano całe rośliny.

Wyniki badań przeprowadzonych na pastwiskach w Strzeszynie i Brodach podano oddzielnie z uwagi na duże zróżnicowanie warunków siedliskowych.

Strzeszyn. Badania przeprowadzono na trzech gatunkach traw — kupkówce, kostrzewie i życicy przy dwóch poziomach nawożenia azotowego — 200 i 400 kg N/ha, którego wielkość dyktowały zapotrzebowania paszowe gospodarstwa. Wyniki badań zawartości cukrów prostych wykazały (tab. 1), że we wszystkich gatunkach stężenie węglowoda-

Tabela 1

Zawartość cukrów prostych w trawach. Pastwisko Strzeszyn 1966 (% s. m.)

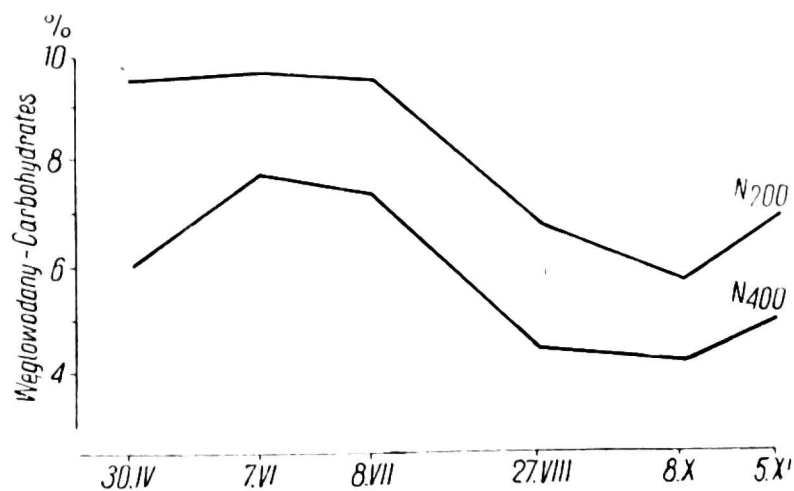
Gatunek	Nawożenie kg N/ha	Terminy badania						
		30.IV.	7.VI. ¹	8.VII.	27. VIII.	8.X.	5.XI. ¹	Ø
<i>Dactylis glomerata</i>	N ₂₀₀	9,51	9,67	9,52	6,84	5,70	6,94	8,03
	N ₄₀₀	5,99	7,79	7,36	4,40	4,19	4,93	5,77
<i>Festuca pratensis</i>	N ₂₀₀	13,17	10,31	10,90	7,41	9,11	9,25	10,02
	N ₄₀₀	8,03	8,76	8,25	5,30	7,22	8,34	7,65
<i>Lolium perenne</i>	N ₂₀₀	13,36	12,51	7,48	7,16	7,53	9,09	9,52
	N ₄₀₀	9,96	8,31	5,49	3,56	5,57	7,90	6,95

Nawożenie azotowe — 21.III., 11.VI., 1.VIII., 8.IX.

1) odrosty bez bezpośredniego nawożenia azotowego

nów było wyższe przy nawożeniu 200 kg N/ha średnio o 1/3 w porównaniu do ilości występujących w trawach nawożonych dawką 400 kg N/ha. Wzrost nawożenia powodował więc spadek koncentracji węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie. Nie można jednak wyznaczyć matematycznej zależności, gdyż dwukrotnemu wzrostowi nawożenia azotowego nie towarzyszył analogiczny spadek stężenia cukrów prostych. Różnice w zawartości cukrów, występujące pod wpływem nawożenia azotem, widoczne są u wszystkich gatunków i w całym okresie wegetacyjnym.

Stwierdzono, że węglowodany rozpuszczalne w wodzie są w różnym stopniu gromadzone przez poszczególne gatunki. Największą zawartością charakteryzowała się kostrzewa i życica, a najniższą kupkówka. Przy nawożeniu 200 kg N/ha, średnio rocznie kostrzewa zawierała o 5% więcej cukrów niż życica i około 20% więcej w porównaniu do kupkówki, a przy nawożeniu 400 kg N/ha różnice były wyższe i kształtowały się następująco: — 10% u kostrzewy w porównaniu z życicą i 25% w zestawieniu z kupkówką.



Rys. 1. Zawartość węglowodanów w *Dactylis glomerata* w okresie wegetacyjnym. Pastwisko Strzeszyn 1966

Zaobserwowano również znaczne zmiany w zawartości cukrów prostych w okresie wegetacyjnym (rys. 1). Największe ilości wystąpiły w pierwszym odroście, a następnie notowano postępujący spadek koncentracji węglowodanów we wszystkich badanych trawach aż do jesieni. Pewne anomalie pojawiły się przy drugim wypasie, kiedy odrost runi następował bez bezpośredniego nawożenia azotem. W cztery tygodnie po zakończeniu wypasów to jest 5 listopada, dokonano dodatkowych oznaczeń cukrów prostych redukujących rozpuszczalnych w wodzie i stwierdzono u wszystkich traw niewielki wzrost ich zawartości.

Brody. Badaniami objęto dwa gatunki — kupkówkę i wiechlinę pochodzące z poletek nawożonych azotem w ilościach — 75, 150, 300 i 450

kg N/ha. Najwyższą koncentrację (tab. 2 i rys. 2) cukrów prostych redukujących rozpuszczalnych w wodzie stwierdzono w obydwu gatunkach przy nawożeniu 75 kg N/ha. Dalszy wzrost nawożenia azotowego wpływał na obniżenie poziomu węglowodanów zarówno w kupkówce, jak i w wiechlinie. Dwukrotne zwiększenie dawki nawozu azotowego z 75 na 150 kg N powodowało spadek stężenia cukrów o 15%, czterokrotny wzrost poziomu nawożenia wpływał na zmniejszenie koncentracji o 28%, sześciokrotnemu wzrostowi dawki azotu towarzyszyło obniżenie zawartości cukrów o 50%. W porównaniu do traw z poletek nie nawożonych azotem spostrzega się o około 40% wzrost występowania cukrów w porównaniu do traw nawożonych 75 kg N/ha.

Tabela 2

Zawartość cukrów prostych w trawach. Pastwisko Brody 1968 (% s. m.)

Termin badania	Nawożenie azotem w kg N/ha					
	N ₀	N ₇₅	N ₁₅₀	N ₃₀₀	N ₄₅₀	Ø
<i>Dactylis glomerata</i>						
25. V.	4,98	6,17	5,57	4,92	3,74	5,07
12. VII.	5,52	8,47	7,20	6,56	4,25	6,40
28. VIII.	4,62	6,24	4,92	3,98	2,22	4,39
15. X ¹⁾	3,91	5,48	4,11	3,50	2,79	3,99
Średnia	4,75	6,59	5,45	4,74	3,25	4,95
<i>Poa pratensis</i>						
25. V.	6,08	8,43	7,39	5,41	5,18	6,49
12. VIII.	6,90	9,50	8,28	7,14	5,84	7,53
28. VIII.	5,73	6,82	5,39	4,40	3,46	5,16
15. X. ¹⁾	4,29	7,28	6,44	5,86	4,63	5,70
Średnia	5,75	8,00	6,87	5,70	4,77	6,22

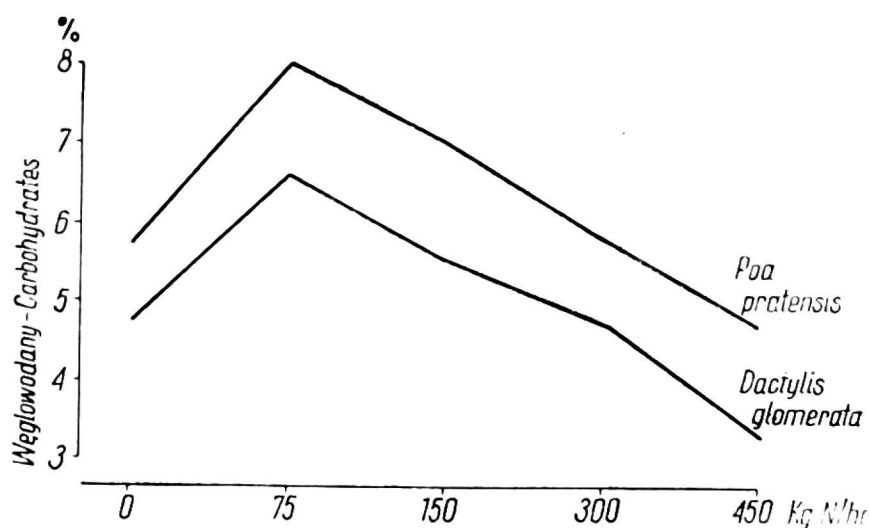
Nawożenie azotowe — 28.III., 11.VI., 18.VII.

1) odrost bez bezpośredniego nawożenia N

Wykazano także różnice u dwu badanych traw w zawartości węglowodanów utrzymujących się przez cały okres pastwiskowania. Wiechlina wykazywała większe ilości cukrów prostych w porównaniu do kupkówki — w zależności od poziomu nawożenia azotem od 20,2 do 46,7%.

Charakteryzując zmiany w koncentracji cukrów prostych w badanych trawach w okresie wegetacyjnym warto podkreślić, że poza współdzia-

łaniem między stężeniem cukrów a poziomem nawożenia azotowego, występuje oddziaływanie niektórych elementów siedliska, o których mówiono na wstępie, powodując niespodziewane zmiany krzywej koncentracji cukrów w roślinach. Zaobserwowano i w naszych badaniach w okresie letnim — 12.VII. — nie dające się wytłumaczyć odchylenia.



Rys. 2. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość węglowodanów w trawach. Pastwisko Brody 1967

Reasumując wyniki przeprowadzonych badań w obydwu obiektach, należy stwierdzić, że wprowadzenie nawożenia azotowego wpływa na obniżenie poziomu cukrów prostych rozpuszczalnych w wodzie, ale spadek ten nie jest proporcjonalny do ilości zastosowanego azotu w nawozie. Rezultaty naszych badań są zgodne z wynikami badań wielu autorów wymienionych we wstępie pracy.

Zaobserwowane różnice gatunkowe pozwalają wyróżnić kupkówkę jako gatunek ubogi w cukry. W ten sam sposób charakteryzują tę trawę runi Grimes i in. (1967), Laidlaw i Reid (1952), Waite i Boyd (1953). Kostrzewa i życica wykazywała wysoką koncentrację węglowodanów, podobnie jak w pracach wyżej wymienionych autorów. Warto podkreślić także wysokie stężenie cukrów u wiechliny, która jako gatunek nitrofilny występuje bardzo często razem z kupkówką i przez to może w znacznym stopniu podnieść poziom węglowodanów w runi.

Zmiany zawartości cukrów prostych, które obserwowano w badanych gatunkach traw pastwiskowych w okresie wegetacyjnym są analogiczne do opisanych przez Greena i Bearda (1968), Jasińskiego i Zezulę (1962), Paulsena i Smitha (1968).

Przeprowadzono także równoległe obserwacje i badania nad zależnością występowania węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie w powiązaniu z niektórymi czynnikami siedliskowymi jak natężenie światła,

temperatura powietrza w runi, temperatura gleby, wilgotność gleby. Ze względu na złożoność całego procesu będzie ona tematem oddzielnej publikacji.

Na podstawie przeprowadzonych badań nad zawartością cukrów prostych redukujących rozpuszczalnych w wodzie, wykonanych na niektórych gatunkach traw pastwiskowych, można wyciągnąć ważny z punktu widzenia żywienia zwierząt wniosek, że pod wpływem wzrastającego nawożenia azotowego wyraźnie maleje zawartość cukrów, a niezależnie od tego występują zmiany sezonowe i różnice u gatunków traw. Tak duża zmienność zawartości cukrów może ułatwić wyjaśnienie niejednokrotnie zdarzających się szybkich spadków produktywności zwierząt żywionych na pastwisku, w związku z możliwością zmniejszonego pobrania dziennej dawki zielonki lub pogorszeniem się warunków jej trawienia w żołądkach zwierząt.

LITERATURA

1. Achlamova N.M.: Proc. of the X Intern. Grassl. Congr. Helsinki 1966.
2. Achlamova N.M.: Vest. Sel-Choz. Nauki G 15, nr 1, 1970.
3. Achlamova N.M.: Siel. Choz. za Rubieżom nr 6, 1970a.
4. Alberda Th.: Proc. of the VIII Intern. Grassl. Congr. Reading 1960. Oxford 1961.
5. Bland B.F., Dent J.W.: J. Brit. Grassl. Soc., vol. 19, No 3, 1964.
6. Blaser R.E., Brown R.H., Bryant H.T.: Proc. of the X Intern. Grassl. Congr. Helsinki 1966
7. Borys N.W.: Post. Nauk roln., nr 6, 1963.
8. Bühring J.: Wiss. Z. Karl. Marx. Univ. Leipzig, Math. Naturwiss. B. 17, Nr 2, 1968.
9. Colby W.G. Drake M., Oohara N., Yoshida N.: Proc. of the X Intern. Grassl. Congr. Helsinki 1966.
10. Davidson R.L.: Ann. Bot., vol. 33, No 131, 1969.
11. Deinum B.: Proc. of the X Intern. Grassl. Congr. Helsinki 1966.
12. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F.: Analyt. Chem., vol. 3, No 20, 1956.
13. Eagles C.F.: Ann. Bot., vol. 31, No 124, 1967.
14. Falkowski M., Kukułka I.: Roczn. WSR w Poznaniu T. 53, 1972.
15. Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Wiad. Mel. i Łąk. 1971.
16. Green D.G., Beard J.B.: Agron. J., vol. 61, No 1, 1969.
17. Grimes R.C., Watkin B.R., Gallagher J.P.: J. Agric. Sci., vol. 68, No 1, 1967.
18. Hecht-Buchholtz Ch.: Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenkd. B. 121, H. 3, 1968.
19. Jasiorowski H.: Zesz. Probl. Post. Nauk roln., z. 59, 1966.
20. Jasiorowski H., Zezula M.: Zesz. Probl. Post. Nauk roln., z. 22, 1960.
21. Jasiorowski H., Zezula M.: Roczn. Nauk roln., t. 79 s. B., z. 4, 1962.
22. Jones D.I.H., Griffith G., Walters R.J.K.: J. Brit. Grassl. Soc., vol. 16, No 4/5, 1961.

23. Jones D.I.H., Griffith G., Walters R.J.K.: *J. Agric. Sci.*, vol. 64, No 3, 1965.
24. Komatsu T., Okajima H.: *Sci. Rept. Res. Inst. Thoku Univ.*, D. 19, 1968.
25. Koter Z.: *Pam. Puławski*, z 36, 1969.
26. Laidlaw R.A., Reid S.G.: *J. Sci. Food Agric.*, vol. 3, 1952.
27. Langille J.E., MacLeod L.B., Warren F.S.: *Cand. J. Plant Sci.*, vol. 48, No 6, 1968.
28. Lefèvre J.M., Joliet E.: *Anns. Agron.*, vol. 19, No 3, 1968.
29. Nidiermajer K., Słuszanski H.: Azotnyje udobrienija Tugor i postbišč Braszov 7—13 ijunia 1967.
30. Nowakowski T.Z.: *J. Agric. Sci.*, vol. 59, No 11, 1969.
31. Nowakowski T.Z., Cunningham R.K., Nielsen K.F.: *J. Sci. Food Agric.*, vol. 16, No 3, 1965.
32. Nowakowski T.Z., Cunningham R.K.: *J. Sci. Food and Agric.*, vol. 17, No 4, 1966.
33. Paulsen G.M., Smith D.: *Agron. J.*, vol. 60, No 4, 1968.
34. Raymond W.F., Spedding C.R.W.: *Proc. of the First Gen. Meeting of the European Grassl. Federation Wageningen 1965. Wageningen 1966.*
35. Reid D.: *Proc. of the X Intern. Grassl. Congr. Helsinki 1966.*
36. Rendig V.V., McComb E.A.: *Plant a Soil.*, vol. 14, nr 2, 1961.
37. Rhykerd C.L., Dillon J.E., Noller C.H., Burns J.C.: *Proc. of the X Intern. Grassl. Congr. Helsinki 1966.*
38. Seidler M.: *Zesz. Nauk. WSR w Szczecinie*, nr 30, 1969.
39. Smith D.: *Crop Sci.*, vol. 8, No 3, 1968.
40. Waite R., Boyd J.: *J. Sci. Food Agric.* vol. 4, 1953.
41. Ward G.M.: *Cand. J. Plant Sci.*, vol. 40, No 4, 1960.
42. Wilson D.: *Planta*. 91, No 3, 1970.
43. Younger V.B., Nudge F.J.: *Crop Sci.*, vol. 8, No 4, 1968.