ACTA AGROBOTANICA
Vol. XXXII, (1): 69-79, 1979

Dynamika przyrostu masy i produktywność stokłosy bezostnej i stokłosy uniolowatej przy zróżnicowanym nawożeniu azotem w doświadczeniu polowym

Cz. II. Jakość plonu

HENRYK SKRABKA, ANNA STACHURSKA, ZDZISŁAWA SZUWALSKA

Instytut Biologii Roślin i Biofizyki Akademii Rolniczej we Wrocławiu

(Przyjęto: 20 III 1978)

H. Skrabka, A. Stachurska, Z. Szuwalska (*Institute of Plant Biology and Biophysics, Agricultural Academy; Cybulskiego 32, 50-205 Wrocław, Poland*) Acta Agrobotanica 32 (1): 69-79, 1979.

Dynamics of mass increase and productivity of smooth brome grass and rescue grass with different nitrogen fertilization in field experiments. Part II. Quality of yield

The contents of protein, amino acids, reducing sugars, fibre (ADF), lignin (ADL) and mineral components in tissues of smooth brome grass — *Bromus inermis* and rescue grass — *Bromus unioloides* were determined. The purpose of this investigation was to compare the nutritive value of either species of grass.

WSTĘP

W pierwszej części przedstawiono wyniki badań dotyczących dynamiki przyrostu masy i produktywności stokłosy bezostnej i stokłosy uniolowatej w warunkach klimatycznych okolic Wrocławia przy zróżnicowanym intensywnym nawożeniu azotem (Skrabka, Stachurska, Szuwalska Cz. I). Doświadczenie to wykazało, że stokłosa uniolowata charakteryzowała się większą dynamiką przyrostu masy i większą produktywnością niż stokłosa bezostna. Z badań tych wynikło również, że dynamika przyrostu masy oraz produktywność obu gatunków traw były większe przy wyższych dawkach azotu. Intensywne nawożenie powoduje często zmiany jakościowe w tkankach roślinnych (Voisin 1969; Falkowski 1971; Koter 1973, 1974; Nowacki, Weznikas 1975; Kusioroska, Majkowski 1977; Trzebiński 1977). Skład chemiczny rośliny uwarunkowany jest bowiem nie tylko czynnikami genetycznymi, ale i zawartością związków mineralnych w glebie oraz warunkami klimatycznymi (Nowotny-Mieczyńska 1965;

Balcerek 1970; Underwood 1971). Te zmiany jakościowe uwidaczniają się w zawartości związków organicznych i nieorganicznych, co z kolei decyduje o wartości odżywczej roślin. Ponieważ zarówno stokłosa bezostna, jak i uniolowata są roślinami pastewnymi, stosowanymi w postaci zielonki lub siana, przeprowadzono badania zawartości ważniejszych składników decydujących o wartości paszowej badanych roślin, tj. cukrów redukujących, azotu ogólnego, aminokwasów, włókna, ligniny oraz składników mineralnych w częściach nadziemnych obu gatunków traw.

Celem niniejszej pracy było więc ustalenie, czy nowo wprowadzony do uprawy w Polsce gatunek — stokłosa uniolowata, który wykazał wyższą dynamikę wzrostu i produktywność niż stokłosa bezostna, okaże się wartościowy także pod względem jakości plonu, a zatem czy będzie w pełni zasługiwał na rozpowszechnienie uprawy.

MATERIAŁ I METODYKA

Materiał roślinny użyty do analiz pochodził z doświadczenia dotyczącego produktywności traw (Skrabka, Stachurska, Szuwalska Cz. I).

Oba gatunki traw zasilano corocznie, jednorazowo nawozem potasowym 120 kg K_2O/ha i fosforowym 100 kg P_2O_5/ha w jesieni. Dawki azotu w ilościach 1N — 120 kg/ha, 2N — 240 kg/ha i 3N — 360 kg/ha rozdzielono na trzy równe porcje i wysiano na początku wegetacji oraz po pierwszym i drugim pokosie.

Rośliny do oznaczeń pobrano trzykrotnie podczas sezonu wegetacyjnego, w momentach dojrzałości traw do koszenia w następujących terminach: 28.05, 24.06, 13.09.1974 roku. Materiał roślinny stanowiły części nadziemne traw w trzecim roku trwania doświadczenia. Rośliny suszono w suszarce z przepływem powietrza w temperaturze 60°C i dosuszano w temperaturze 105°C. Analizy przeprowadzono w trzech powtórzeniach na średnich próbach z poszczególnych obiektów w całych częściach nadziemnych, względnie w blaszkach liściowych i w źdźbłach, a wyniki przeliczono na suchą masę roślin. Sposób oznaczania poszczególnych składników podano przy omówieniu wyników.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zawartość cukrów redukujących

Zawartość cukrów redukujących oznaczono w częściach nadziemnych roślin osobno dla każdego z trzech zbiorów. Analizy przeprowadzono, po uprzedniej ekstrakcji materiału roślinnego 1N kwasem solnym, metodą

Schoorla i Regenbogena (Struszyński 1954), a wyniki przeliczone na zawartość glukozy zamieszczono w tabeli 1.

Z przedstawionych danych wynika, że zawartość badanych cukrów w stokłosie uniolowatej była o 60% wyższa niż w bezostnej.

Tabela 1 — Table 1

Zawartość cukrów redukujących w częściach nadziemnych traw w % suchej masy (przeliczone na glukozę)

Content of reducing sugars in aboveground parts of grass in % of dry matter (recounted to glucose)

Gatunek Species	N kg/ha	Termin koszenia — Date of mowing			Średnia Average	Średni plon cukru Average sugar yield q/ha
		28.05.1974	24.07.1974	13.09.1974		
Stokłosa bezostna Smooth brome grass	120	3,7	3,6	3,3	3,5	3,78
	240	3,5	3,8	3,7	3,7	4,59
	360	2,5	3,3	3,3	3,0	4,08
Stokłosa uniolowata Rescue grass	120	6,0	6,0	3,7	5,2	6,92
	240	6,6	7,0	3,1	5,6	9,18
	360	4,9	9,1	3,4	5,8	9,86

Zróżnicowanie nawożenia azotem wywarło bardzo mały wpływ na zawartość cukrów w stokłosie bezostnej (zawaratość ta nieznacznie się obniżyła przy najwyższej dawce azotu) nie wpłynęło natomiast na zawartość cukrów w stokłosie uniolowatej.

Zawartość cukrów w stokłosie bezostnej była niezależna od terminu zbioru, natomiast zawartość cukrów w stokłosie uniolowatej ulegała zmianom w sezonie wegetacyjnym. Największą zawartość cukrów wykazano przed drugim pokosem (24.06), a najmniejszą — przed trzecim (13.09).

Zawartość azotu ogólnego i aminokwasów

Zawartość azotu ogólnego oznaczono w częściach nadziemnych obu gatunków traw, w próbach stanowiących średnią ze wszystkich trzech zbiorów 1974 roku. Analizy wykonała Stacja Chemiczno-Rolnicza we Wrocławiu. Wyniki zamieszczono w tabeli 2.

Z przedstawionych danych wynika, że stokłosa bezostna zawierała

około 20% azotu więcej niż uniolowata. Zwiększenie ilości azotu w glebie podniosło nieznacznie zawartość azotu ogólnego w obu gatunkach traw.

Próby roślin przeznaczone do oznaczania aminokwasów pobrano tuż przed drugim (24.06) i trzecim pokosem (13.09). Części nadziemne rozdzielono na blaszki liściowe i źdźbła.

Tabela 2 — Table 2

Zawartość azotu w częściach nadziemnych traw w procentach suchej masy (średnie z 3 pokosów)

Nitrogen content in aboveground parts of grass in per cent of dry matter (average of 3 mowings)

Gatunek Species	N kg/ha	N-ogólny Total N	Average raw protein surowego Średni plon białka q/ha yield
Stokłosa bezostna	120	2,35	15,85
Smooth brome	240	2,86	22,16
grass	360	3,19	27,10
Stokłosa	120	2,07	17,20
uniolowata	240	2,35	24,07
Rescue grass	360	2,62	27,83

Aminokwasy, z wyjątkiem tryptofanu, oznaczono w hydrolizatach kwasowych przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów typu HD 1200 E. Hydrolizę kwsową białka przeprowadzono 6N kwasem solnym w temperaturze 105°C, w zatopionych probówkach, przez 24 godziny. Cystyny nie dało się oznaczyć, gdyż nie stwierdzono jej obecności w hydrolizatach, ponieważ aminokwas ten albo występował w bardzo małych ilościach, albo ulegał rozkładowi. Tryptofan oznaczono metodą Spiesa i Chambersa (1954) w hydrolizatach zasadowych. Hydrolizę zasadową przeprowadzono w sposób opisany przez Winnickiego i Skrabkę-Błotnicką (1973), wyniki umieszczono w tabeli 3 i 4.

Ogólna zawartość aminokwasów była w obu gatunkach traw podobna (tab. 3 i 4); w blaszkach liściowych tylko o 5% większa w stokłosie bezostnej, a w źdźbłach o 10% większa u uniolowatej. Blaszki liściowe zawierały więcej aminokwasów niż źdźbła: u stokłosy bezostnej o 85%, u uniolowatej zaś o 58%. W blaszkach liściowych i źdźbłach stokłosy bezostnej było znacznie więcej kwasu asparaginowego, szczególnie przy większej zawartości azotu w glebie, a nieco mniej kwasu glutaminowego

Tabela 3 — Table 3

Zawartość aminokwasów w białku blaszek liściowych stokłosy bezostnej i uniolowatej w ‰ suchej masy (średnia z 2 i 3 pokosu)

Amino acids content in protein of leaves smooth brome grass and rescue grass in ‰ of dry matter (average of 2 and 3 mowing)

Gatunek Species	N kg/ha	Aminokwasy — Amino acids																	
		lizyna lisine	histydyna histidine	arginina arginine	kwas asparaginowy asparatic acid	treonina treonine	seryna serine	kwas glutaminowy glutamic acid	prolina proline	glicyna glicyne	alanina alanine	walina valine	metionina methionine	izoleucyna isoleucine	leucyna leucine	tyrozyna tyrosine	fenyloalanina phenylalanine	tryptofan tryptophan	suma total
Stokłosa bezostna Smooth brome grass	120	5,484	3,375	5,414	19,712	5,532	5,715	15,352	7,892	5,803	7,185	7,634	1,815	5,365	9,300	3,863	6,820	3,183	119,446
	240	5,699	3,305	5,196	22,891	5,533	5,214	15,684	8,500	5,724	7,872	9,037	1,812	5,838	9,487	3,879	7,222	3,265	126,158
	360	7,430	4,257	6,623	25,258	7,075	6,559	19,737	10,713	7,405	9,983	11,074	1,971	7,522	12,391	5,404	9,456	3,315	156,173
Stokłosa uniolowata Rescue grass	120	5,225	2,875	4,812	14,975	5,052	5,387	16,680	6,430	5,176	6,472	7,075	0,930	4,426	7,935	2,845	6,963	3,540	106,798
	240	6,771	3,643	6,360	18,116	6,312	6,612	20,650	7,246	6,706	8,186	8,777	0,980	5,841	10,607	3,712	7,961	2,790	131,270
	360	7,892	4,117	7,120	18,246	7,155	7,349	21,884	7,825	7,542	9,267	9,841	1,326	6,413	11,335	4,379	8,939	3,155	143,785

Tabela 4 — Table 4

Zawartość aminokwasów w białku źdźbeł stokłosy bezostnej i unilowatej w ‰ suchej masy (średnie z 2 i 3 pokosu)

Amino acids content in protein of stem smooth brome grass nad rescue grass in ‰ of dry matter (average of 2 and 3 mowing)

Gatunek Species	N kg/ha	Aminokwasy — Aminoacids																	
		lizyna lysine	histydyna histidine	arginina arginine	kwas asparaginowy asparatic acid	treonina treonine	seryna serine	kwas glutaminowy glutamic acid	prolina proline	glicyna glicyne	alanina alanine	walina valine	metionina methionine	izoleucyna isoleucyne	leucyna leucine	tyrozyna tyrosine	fenyloalanina phenyloalanine	tryptofan tryptophan	suma total
Stokłosa bezostna Smooth brome grass	120	2,124	1,280	2,156	13,372	2,183	2,080	6,900	7,853	1,340	3,049	4,139	0,686	2,112	2,780	1,421	2,234	1,810	57,519
	240	3,296	1,826	2,859	22,542	2,886	3,452	11,334	10,270	2,666	3,471	5,547	0,659	2,432	3,609	1,714	3,757	2,155	84,475
	360	3,243	1,595	2,592	19,469	2,679	3,169	9,887	9,089	2,396	3,370	4,579	0,000	2,162	3,167	1,574	3,343	2,325	74,639
Stokłosa uniolowata Rescue grass	120	3,363	1,550	2,779	13,381	2,831	2,981	10,385	10,596	2,608	3,491	4,093	0,364	2,145	3,660	1,449	2,959	1,905	70,540
	240	3,594	1,696	2,600	12,182	2,980	2,891	10,226	10,375	2,606	3,495	3,888	0,000	2,261	3,538	1,452	2,859	1,545	68,188
	360	4,699	2,410	3,686	16,806	4,389	4,416	15,547	18,788	3,943	5,217	5,687	0,000	3,196	5,421	2,313	4,425	1,920	102,683

niż w uniolowatej. Poza tym skład aminokwasowy obu gatunków traw był podobny.

W miarę zwiększania ilości azotu w glebie, podniosła się zawartość poszczególnych aminokwasów i proporcjonalnie ich suma, zwłaszcza w blaszkach liściowych, podobnie w obu gatunkach traw.

Zawartość włókna kwaśno-detergentowego (ADF) i ligniny (ADL)

Zawartość włókna kwaśno-detergentowego i ligniny oznaczono w częściach nadziemnych traw, zebranych przed pierwszym (28.05.1974) i trzecim (13.09.1974) pokosem. Analizy przeprowadzono metodą van Soest'a (1963), a wyniki umieszczono w tabeli 5. Włókno kwaśno-detergentowe (ADF) jest to część tkanki roślinnej, przede wszystkim ścian komórkowych pozostałych po maceracji i działaniu silnych związków rozkładających z detergentami. W skład pozostałości wchodzi — część nierozłożonej celulozy, hemicelulozy, lignina, kutyna, a czasem związki krzemowe i zanieczyszczenia glebowe. Zgodnie z nowszymi badaniami pozostałości te są nieprzyswajalne w procesach trawienia zwierząt przeżuwających. Opisana metoda, zwana metodą van Soest'a jest obecnie powszechnie stosowana i wypiera dawniej stosowaną metodę oznaczeń tzw. włókna surowego wg Henneberga i Stohmana.

Tabela 5 — Table 5

Zawartość włókna kwaśno-detergentowego (ADF) i ligniny (ADL) w częściach nadziemnych traw w % suchej masy

Content of fibre (ADF) and lignin (ADL) in aboveground parts of grass in % of dry matter

Gatunek Species	N kg/ha	Termin koszenia — Date of mowing 28.05.1974		13.09.1974		Średnia Average	
		włókno fibre	lignina lignin	włókno fibre	lignina lignin	włókno fibre	lignina lignin
Stokłosa bezostna	120	32,13	28,77	32,83	28,52	32,48	28,64
Smooth brome	240	33,96	28,85	35,29	30,07	34,62	29,46
grass	360	34,40	30,38	35,23	30,52	34,81	30,45
Stokłosa	120	37,31	31,43	36,35	30,38	36,83	30,90
uniolowata	240	34,65	30,56	40,44	33,71	37,54	32,13
Rescue grass	360	34,28	31,00	40,88	34,59	37,58	32,80

Z przedstawionych danych wynika, że stokłosa uniolowata zawierała o 10% więcej włókna i o 8% więcej ligniny niż bezostna.

Zwiększenie ilości azotu w glebie nieznacznie podniosło zawartość włókna i ligniny w obu gatunkach traw.

Zawartość włókna i ligniny w stokłosie bezostnej była podobna w maju i we wrześniu (tuż przed pierwszym i trzecim pokosem), natomiast w stokłosie uniolowatej zawartość tych związków była we wrześniu większa niż w maju.

Zawartość składników mineralnych

Zawartość niektórych składników mineralnych oznaczono w częściach nadziemnych traw, w próbach stanowiących średnie obiektowe z trzech zbiorów. Analizy wykonała Stacja Chemiczno-Rolnicza we Wrocławiu, a wyniki zamieszczono w tabeli 6.

Tabela 6 — Table 6

Zawartość składników mineralnych w częściach nadziemnych traw w % suchej masy (średnie z 3 pokosów)

Content of mineral components in aboveground parts of grass in % of dry matter (average of 3 mowings)

Gatunek Species	N kg/ha	P	K	Ca	Mg
Stokłosa bezostna Smooth brome grass	120	0,45	3,41	0,37	0,10
	240	0,48	3,76	0,39	0,11
	360	0,49	3,82	0,46	0,11
Stokłosa unilowata Rescue grass	120	0,46	3,38	0,58	0,13
	240	0,46	3,23	0,59	0,12
	360	0,46	3,17	0,74	0,13

Z przedstawionych danych wynika, że stokłosa bezostna zawierała nieco więcej potasu, a mniej wapnia niż uniolowata. Zawartość fosforu i magnezu w obu gatunkach traw była podobna.

Zwiększenie zawartości azotu w glebie nieznacznie podniosło zawartość potasu i wapnia w stokłosie bezostnej, a w uniolowatej — jedynie zawartość wapnia.

DYSKUSJA

O jakości pasz decyduje zarówno zasób nagromadzonej energii wynikającej z zawartości strawnej substancji organicznej — przede wszystkim cukrów, jak i ilość składników niestrawnych, tj. włókna i ligniny

(Nowacki 1976). Poziom cukrów w tkance roślinnej odgrywa rolę nie tylko w dostarczaniu energii organizmom zwierzęcym, ale także wpływa na wartości smakowe (Kukułka 1971) oraz przydatność do zakiszania (Podkówka 1977). Jednak najważniejszym związkiem organicznym decydującym o wartości pasz jest białko i jego skład aminokwasowy. Tradycyjnie normowanie pasz opiera się na określeniu ilości azotu w tkankach i na tej podstawie wnioskuje o ilości białka surowego (Ruszczyc 1973; Nowacki 1977). Celem określenia jakości paszowej białka bada się skład aminokwasów, ze szczególnym uwzględnieniem aminokwasów egzogennych (Rose 1938, 1948; Trzebiński 1977). Na jakość paszy duży wpływ mają także składniki mineralne, które nie tylko wchodzą w skład organizmów zwierzęcych, ale również katalizują wiele przebiegających w nich procesów metabolicznych (Nowak 1971). Zawartość składników mineralnych w roślinie jest zmienna i zależna od gleby, nawożenia i czynników klimatycznych. Tak więc w wyżej opisanych badaniach uwzględniono wszystkie najważniejsze związki decydujące o wartości paszowej badanych traw.

Z badań opisanych w części I (Skrabka, Stachurska, Szuwalska 1979) wynika, że pod względem produktywności lepszym gatunkiem jest stokłosa uniolowata. Jednak znacznie trudniej jest ocenić, który z badanych gatunków ma lepszą wartość paszową opierając się na badaniach przeprowadzonych w części drugiej. Zawartość większości badanych składników w obu gatunkach była różna. I tak cukrów było więcej, a związków azotowych mniej u uniolowatej, w stokłosie bezostnej odwrotnie. Zawartość składników obniżających wartość paszową traw (włókno, lignina) była nieco wyższa w uniolowatej. Również zawartość składników mineralnych, decydujących w dużym stopniu o wartości paszowej, w obu gatunkach traw niewiele się różniła. Jednak różnice w zawartości wszystkich związków organicznych i mineralnych nie były duże i prawdopodobnie przy innych warunkach nawożeniowych, glebowych i klimatycznych mogły nie mieć znaczenia.

Intensywne nawożenie azotowe nie miało dużego wpływu na zawartość większości badanych związków w roślinie. Jedynie zawartość cukrów redukujących w stokłosie uniolowatej zwiększała się wraz ze wzrostem azotu w glebie. Zawartość związków azotowych była nieco większa przy wyższych dawkach azotu, ale u obu gatunków dość proporcjonalnie. Za wartość maksymalną azotu w trawach Nowacki i Weznikas (1975) uważają 3%, gdyż wyższa zawartość azotu nie może zostać wykorzystana przez mikroflorę żwacza do przerobu na białko. W stokłosie uniolowatej przy najwyższym poziomie nawożenia azotem 360 kg/ha zawartość azotu w suchej masie osiągnęła wartość 2,6% s.m., a więc niższą od maksymalnej.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że stokłosa uniolowata pod względem wartości paszowej ustępuje nieco stokłosie bezostnej. Jednak wyższa produktywność stokłosy uniolowatej, przy tylko nieco mniejszych walorach jakościowych, nie wyklucza dalszych badań i perspektyw wprowadzenia tego gatunku do uprawy.

A. Wartość paszowa obu gatunków traw

1. Stokłosa uniolowata ma mniejszą procentową zawartość białka surowego w suchej masie roślin, lecz większy jej plon z hektara powoduje, że ogólny plon białka surowego jest podobny jak w stokłosie bezostnej;
2. stokłosa bezostna zawiera więcej aminokwasów w blaszkach liściowych niż w źdźbłach, a procentowy udział blaszek liściowych w suchej masie części nadziemnych jest również większy niż w uniolowatej;
3. zawartość cukrów redukujących zarówno w suchej masie roślin, jak i po przeliczeniu na plon jest w stokłosie uniolowatej wyraźnie większa niż w bezostnej;
4. stokłosa bezostna zawiera mniej włókna kwaśno-detergentowego oraz ligniny niż uniolowata;
5. zawartość fosforu i magnezu w obu gatunkach traw była podobna: stokłosa bezostna zawierała nieco więcej potasu, a mniej wapnia niż uniolowata.

B. Wpływ intensywności nawożenia azotem na wartość paszową

1. Zawartość cukrów redukujących w stokłosie bezostnej była nieco mniejsza przy najwyższej dawce azotu niż przy pozostałych dawkach, natomiast w uniolowatej zmian nie stwierdzono;
2. zawartość azotu i poszczególnych aminokwasów wzrastała nieznacznie pod wpływem większych dawek azotu, zarówno w stokłosie bezostnej jak i uniolowatej;
3. zawartość potasu i wapnia zwiększyła się w stokłosie bezostnej pod wpływem wyższych dawek azotu, zaś w uniolowatej wzrastała zawartość wapnia.

Obie części pracy wykonano w ramach problemu resortowego nr 111. 02. 06, koordynowanego i finansowanego przez Zakład Uprawy Roślin IUNG w Puławach.

SUMMARY

Quantitative determinations of protein, amino acids, reducing sugars, fibre (ADF), lignin (ADL) and mineral components: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium in tissues of aboveground parts of smooth brome grass —

Bromus inermis and rescue grass — *Bromus unioloides* were carried out. The purpose of this investigation was to compare the nutritive value of either species of grass.

The plants were grown with full phosphorus and potassium fertilization and differenciated amounts of nitrogen fertilization (120, 240, 360 kg/ha).

The differences in the contents of the components were not great but it was found that rescue grass is not much worse than smooth brome grass.

LITERATURA

Balcerek W., 1970. Nowe Rol., 11: 24.
Falkowski M., 1971. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 114: 45.
Koter Z., 1973. Pam. puł. — Prace IUNG, 58: 131.
Koter Z., 1974. Pam. puł. — Prace IUNG, 59: 133.
Kukułka I., 1971. Zesz. probl. Post. Nauk rol., 114: 151.
Kusiorska K., Majkowski K., 1977. Rocz. Nauk rol., A. 102, 2: 111.
Nowacki E.. 1976. Mater. seminaryjne PAN, 90, Puławy.
Nowacki E., 1977. Mater. seminaryjne PAN, 54, Puławy.
Nowacki E., 1977. Prz. hod., 1: 5.
Nowacki E., Weznikas T., 1975, Pam. puł. — Prace IUNG, 64: 24.
Nowak M., 1971. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 114: 29.
Nowotny-Mieczyńska A., 1965. Fizjologia mineralnego żywienia roślin, PWRiL, Warszawa.
Podkówka W., 1977. Prz. hod. 8: 15.
Rose W. C., 1938. Physiol., Reves., 18: 109.
Rose W. C., 1948. J. Biol. Chem., 176: 753.
Ruszczyc Z., 1973. Żywienie zwierząt i paszoznawstwo, PWRiL, Warszawa.
Skrabka H., Stachurska A., Szuwalska Z., 1979. Dynamika przyrostu masy i produktywność stokłosy bezostnej i uniolowatej przy zróżnicowanym nawożeniu azotem w doświadczeniach polowych. Część I. Acta Agrobot. 32 (1): 53-68.
Spies J., Chambers D., 1954. Anal. Chem. 9: 30.
Struszyński M., 1954. Analiza ilościowa i techniczna, PWT, Warszawa.
Trzebiński J., 1977. Prz. hod., 12: 10.
Underwood E. J., 1971. Żywienie mineralne zwierząt, PWRiL, Warszawa.
Winnicki J., Skrabka-Błotnicka T., 1973. Zeszyty Naukowe Instytutu Zootechniki, ZZD Czechnica, A. 3: 105.
Van Soest P. J., 1963. J. Ass. off Agr. Chem. 46: 829.
Voisin A., 1969. Nawożenie a nowe prawa nawozowe, PWRiL, Warszawa.