Wpływ nawożenia azotowego na zawartość β -karotenu w roślinach łąkowych

MARIA WIDERA

Zakład Ekologii i Ochrony Przyrody, Instytut Botaniki, Uniwersytet Wrocławski

(Otrzymano dn. 12 VII 1979)

A. Widera (Department of Ecology and Nature Protection, Institute of Botany,
Wrocław University, Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław, Poland) Acta Agrobotanica 33
(2): 239-249, 1980

Effects of nitrogen fertilization on β -caroten content in meadow plants

Abstract

β -caroten content was estimated in the leaves of *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Carex hirta*, *Carex Hudsonii* and *Plantago lanceolata* from two different meadows on which different nitrogen fertilization and uniform phosphorus and potassium fertilization were applied. Nitrogen fertilization was found to affect the accumulation of β -caroten in plants.

WSTĘP

Badania dotyczące gromadzenia się karotenów w roślinach mają znaczenie zarówno dla nauk teoretycznych, jak i dla praktyki rolniczej (Wierzbowski, 1957). Według Falkowskiego i Kukułki (1978) rośliny o wyższej zawartości karotenów odznaczają się większą żywotnością i odpornością na choroby i niskie temperatury. Zawartość karotenów w roślinach jest miernikiem ich wartości odżywczej (Falkowski i Kozłowski, 1978). Susz roślinny ze względu na dość wysoką wartość energetyczną może z powodzeniem zastępować część deficytowego zboża w mieszankach paszowych dla zwierząt, a ze względu na zawartość w nim β -karotenu jest cennym źródłem witaminy A (Widera i Kazimierzak, 1970). Z tych względów wszelkie badania zmierzające do poznania warunków tworzenia się karotenów są bardzo ważne. Wielu autorów ogranicza się w swoich badaniach do oznaczenia zawartości karotenów w wielokomponentowych suszach roślin-

nych (Zawadzka, 1953; Baszyński i Zawadzka, 1954; Wierzchowski i Basaj, 1958; Wierzchowski, 1960; Włodarczyk, 1968, 1975). Ma to znaczenie dla praktyki rolniczej, jednak nie uwzględnia faktu, iż każdy z komponentów badanego siana ma inną zdolność gromadzenia składników pokarmowych i witamin, a więc i β -karotenu, oraz, że zdolność ta jest różna w różnych warunkach. Wyrazem tego są badania przeprowadzone przez Watkinsa (1939), Picketta (1950), Clarke (1953), Wierzchowskiego (1957) i Kukułkę (1965, 1971).

Różne zabiegi agrotechniczne zmieniają skład gatunkowy roślinności, a co za tym idzie i jej wartość odżywczą i witaminową. Częstym zabiegiem na łąkach jest nawożenie, zwłaszcza azotem. Ma ono na celu nie tylko uzyskanie wysokich plonów, lecz również ich dobrą jakość pod względem składników pokarmowych i wartości witaminowej (Falkowski i Kukułka, 1978).

Celem podjętych badań było wyjaśnienie, jaka jest reakcja na nawożenie azotowe każdego z badanych gatunków roślin, wyrażona zdolnością gromadzenia β -karotenu?

METODYKA BADAŃ

Badaniami objęto następujące gatunki roślin łąkowych: *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Plantago lanceolata*, *Carex hirta* i *Carex Hudsonii*, pochodzące z dwu łąk A i B z Pakosławska k/Milicza. Na łąkach tych zastosowano jednolite nawożenie fosforowo-potasowe, a na jego tle zróżnicowane nawożenie azotowe. Fosfor wprowadzono w postaci superfosfatu w ilości 400 kg P/ha, a potas w postaci soli potasowej w ilości 250 kg K/ha. Nawóz azotowy wprowadzono w postaci mocznika w ilości 110, 220 i 330 kg N/ha. Uzyskano w ten sposób 5 kombinacji nawozowych (tab. 1), z których pobierano próbki roślinne dwukrotnie w ciągu okresu wegetacyjnego (7 czerwca i 21 sierpnia). W świeżych liściach oznaczono zawartość suchej masy metodą wagowo-suszarkową i zawartość β -karotenu metodą standardową Komisji Metod Analitycznych w Anglii, zmodyfikowaną przez Wierzchowskiego (1960). Zawartość β -karotenu w roślinach podano w mg % s.m. Każde oznaczenie wykonano w 3 powtórzeniach. Wyniki badań poddano analizie matematyczno-statystycznej. Wykonano analizę wariancji jednokierunkowej według Modelu Stałego I (Elandt, 1964) celem zbadania zmienności kombinacji zastosowanych w doświadczeniu pod względem zawartości suchej masy i β -karotenu. Podano wartość średnią ogólną ($\bar{x}$) dla wszystkich badanych kombinacji i najmniejszą istotną różnicę (NIR). Istotność zróżnicowania określono testem F Snedecora przy poziomie prawdopodobień-

stwa 0,05 (Scheffé, 1959). Zanalizowano korelacje proste między zawartością suchej masy i β -karotenu a nawożeniem azotowym.

WYNIKI BADAŃ

Zawartość suchej masy w badanych gatunkach roślin zestawiono w tabeli 1. Gatunki: *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Carex hirta* i *Plantago lanceolata* wykazują na łące A najwyższą zawartość suchej masy na poletkach nie nawożonych, a najniższą, przy nawożeniu 330 kg N+PK (tab. 1). Natomiast gatunek *Carex Hudsonii* wykazuje najwyższą zawartość suchej masy przy nawożeniu fosforowo-potasowym (PK), a najniższą przy nawożeniu 220 kg N+PK (tab. 1). Na łące B na poletkach nie nawożonych, najwyższą zawartość suchej masy stwierdzono w liściach *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis* i *Plantago lanceolata* (tab. 1). Natomiast gatunek *Festuca rubra* wykazuje najwyższą zawartość suchej masy w liściach na łące B przy nawożeniu fosforowo-potasowym (PK) (tab. 1). Badane gatunki na łące B wykazują najniższą zawartość suchej masy przy nawożeniu 330 kg N+PK, z wyjątkiem gatunku *Holcus lanatus*, który najniższą zawartość suchej masy wykazuje przy nawożeniu 110 kg N+PK (tab. 1). Badane gatunki różnią się istotnie zawartością suchej masy w liściach na obu badanych łąkach (A i B).

Zawartość β -karotenu w liściach badanych gatunków roślin łąkowych zestawiono w tabeli 2. Rośliny *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Carex hirta* i *Plantago lanceolata* z łąki A, oraz *Holcus lanatus* i *Poa pratensis* z łąki B, wykazują najwyższą zawartość β -karotenu przy nawożeniu 330 kg N+PK, a najniższą na poletkach nie nawożonych (tab. 2). Rośliny *Carex Hudsonii* wykazują najwyższą zawartość β -karotenu przy nawożeniu 330 kg N+PK, a najniższą przy nawożeniu fosforowo-potasowym (PK, tab. 2). Rośliny *Festuca rubra* z łąki B wykazują największą zawartość β -karotenu przy nawożeniu 110 kg N+PK, a najmniejszą na poletkach nie nawożonych (tab. 2). Rośliny *Festuca pratensis* i *Plantago lanceolata* z łąki B wykazują najwyższą zawartość β -karotenu przy nawożeniu 220 kg N+PK, a najniższą na poletkach nie nawożonych (tab. 2). Wszystkie badane gatunki na obu łąkach (A i B) różnią się istotnie zawartością β -karotenu w liściach. Najwyższą średnią zawartość ogólną β -karotenu ($\bar{x}$) stwierdzono w liściach *Holcus lanatus* na obu badanych łąkach, a najniższą w liściach *Carex Hudsonii* na łące A (tab. 2).

Korelacje między zawartością suchej masy w liściach badanych gatunków roślin łąkowych a nawożeniem azotowym gleby zestawiono w tabeli 3. Z nawożeniem azotowym gleby skorelowana jest ujemnie zawartość suchej masy w liściach *Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Festuca*

Tabela 1

Zawartość suchej masy w liściach badanych gatunków roślin
Content of dry mass in leaves of examined meadow plant

		Łąka A — Meadow A					
L.p. Items	Nawożenie Fertilization	<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Carex hirta</i>
1.	O	31,53	36,23	39,17	27,5	43,83	32,1
2.	PK	31,03	35,73	37,07	27,17	42,97	29,33
3.	110 kg N+PK	21,93	29,43	33,7	23,13	33,97	28,63
4.	220 kg N+PK	21,07	25,47	29,57	22,43	31,73	27,03
5.	330 kg N+PK	19,13	24,8	28,87	21,6	29,17	25,7
	$\bar{x}$	24,9	30,3	33,7	24,4	36,3	28,6
Test Snedecora	F obl.	59,17	368,16	371,8	175,6	647,0	89,26
Snedecor Test	F tab.	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
	NIR — LSD	2,08	0,83	0,67	0,65	0,74	0,73

NIR — najmniejsza istotna różnica.

LSD — least significant difference.

Tabela 2

Zawartość β -karotenu w liściach badanych gatunków roślin łąkowych
 β -caroten content in leaves of examined species of meadow plants

		Łąka A — Meadow A					
L.p. Items	Nawożenie Fertilization	<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Carex hirta</i>
1	O	19,57	19,11	16,4	25,29	21,8	28,9
2.	PK	22,87	27,77	23,9	35,0	25,07	31,9
3.	110 kg N+PK	28,63	28,3	32,17	44,59	28,61	32,2
4.	220 kg N+PK	28,0	31,37	29,87	52,32	24,23	35,33
5.	330 kg N+PK	36,43	37,85	49,77	62,66	42,97	40,57
	$\bar{x}$	27,1	28,9	30,4	44,0	28,5	33,8
Test Snedecora	F obl.	801,3	5838,0	1249,5	3713,0	693,3	2122,9
Snedecor test	F tab.	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
	NIR — LSD	0,65	0,37	0,34	0,24	0,89	0,55

—Table 1

łąkowych w różnych kombinacjach doświadczenia wyrażona w %
species in various experimental combinations expressed as %

Łąka B—Meadow B						
<i>Carex Hudsonii</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Poa pra- tensis</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
35,03	18,0	32,93	42,43	26,87	42,33	19,0
35,6	17,6	34,07	41,13	26,2	35,27	15,97
33,03	16,53	26,13	33,1	18,87	34,33	12,93
29,1	15,47	26,57	27,97	19,6	35,2	12,63
29,73	14,7	25,07	25,93	19,77	28,33	11,8
32,5	16,5	29,0	34,1	22,3	35,1	14,5
98,37	5,27	100,86	647,5	236,0	432,3	254,6
2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
0,87	1,81	1,19	0,82	0,65	0,65	0,53

—Table 2

w różnych kombinacjach doświadczenia wyrażona w mg % s.m.
in different experimental combinations expressed as mg % of dry mass

Łąka B—Meadow B						
<i>Carex Hudsonii</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Poa pra- tensis</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
25,13	19,52	26,8	29,1	35,2	27,93	32,23
24,93	27,17	37,53	42,73	46,43	33,6	37,97
27,87	31,96	41,3	68,97	63,03	37,77	47,8
31,50	39,13	39,6	71,8	64,9	55,43	51,53
34,7	43,59	37,6	62,7	70,93	56,77	48,43
23,8	32,3	36,6	55,1	56,1	42,3	43,6
12,01	490,45	110,3	260,0	2326,3	1938,1	1074,3
2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
3,33	0,67	2,03	0,88	0,94	0,93	0,76

Tabela 3—Table 3

Korelacje między zawartością suchej masy w liściach badanych gatunków łąkowych a nawożeniem azotowym gleby
Correlations between dry mass content in leaves of investigated meadow plants and nitrogen fertilization of the soil

Relacje Relation	Współczynnik determinacji Determination coefficient R^2	F obl. F tab.	Istotność korelacji Significance of correlation	Równanie regresji $y=b_0+bx$ Regression equation $y=b_0+bx$
Sucha masa <i>Festuca rubra</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Festuca rubra</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,5448	33,516	xxx	$y=33,9707 - 0,2117 x$
Sucha masa <i>Festuca pratensis</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Festuca pratensis</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,5424	33,189	xxx	$y=34,6505 - 0,1908 x$
Sucha masa <i>Alopecurus pratensis</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Alopecurus pratensis</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,5380	32,602	xxx	$y=28,7886 - 0,2218 x$
Sucha masa <i>Holcus lanatus</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Alopecurus pratensis</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,5400	32,866	xxx	$y=25,9885 - 0,1293 x$
Sucha masa <i>Poa pratensis</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Poa pratensis</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,2946	11,695	xxx	$y=36,9054 - 0,2015 x$
Sucha masa <i>Carex hirta</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Carex hirta</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,3334	14,001	xxx	$y=30,5209 - 0,1476 x$
Sucha masa <i>Carex hudsonii</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Carex hudsonii</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,6141	44,549	xxx	$y=34,3581 - 0,1668 x$
Sucha masa <i>Plantago lanceolata</i> a nawożenie azotowe gleby Dry mass of <i>Plantago lanceolata</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,2255	8,152	xx	$y=17,6003 - 0,1338 x$

Uwaga: xxx — korelacja bardzo istotna.

Note: xxx — very significant correlation.

rubra, *Alopecurus pratensis*, *Holcus lanatus*, *Carex hirta*, *Carex Hudsonii* i *Plantago lanceolata*; wraz ze zwiększeniem zawartości azotu w glebie zmniejsza się w niewielkim stopniu sucha masa tych roślin (tab. 3).

Korelacje między zawartością β -karotenu w liściach badanych gatunków roślin łąkowych a nawożeniem azotowym gleby zestawiono w tabeli 4. Z nawożeniem azotowym gleby skorelowana jest dodatnio zawartość β -karotenu w liściach wszystkich badanych gatunków roślin łąkowych, przy czym najniższy wzrost β -karotenu pod wpływem nawożenia azotowego stwierdzono u *Carex Hudsonii*, a najwyższy u *Festuca pratensis*, *Poa pratensis* i *Holcus lanatus* (tab. 4, rys. 1).

Rys. 1. Korelacja między zawartością β -karotenu w roślinach a nawożeniem azotowym gleby

Fig. 1. Correlation between β -carotene content in plants and the nitrogen fertilization of the soil

DYSKUSJA

Autorzy wielu prac są zgodni co do korzystnego wpływu nawożenia, zwłaszcza azotowego na gromadzenie się β -karotenu w roślinach (Schmalfus, 1964; Sidorowicz i Włodarczyk, 1968; Kukułka, 1971; Nowacki, 1978). Kukułka (1965) podaje, że zawartość β -karotenu w liściach *Dactylis glomerata* waha się w granicy od 34,7 do 102,1 mg % s.m., przy czym większemu nawożeniu azotowemu

Tabela 4—Table 4

Korelacje między zawartością β -karotenu w liściach badanych gatunków roślin łąkowych a nawożeniem azotowym gleby
Correlations between β -carotene content in leaves of examined species of meadow plants and nitrogen fertilization of the soil

Relacje Relation	Współczynnik determinacji Determination coefficient R^2	F obl. F tab.	Istotność korelacji Significance of correlation	Równanie regresji $y=b_0+bx$ Regression equation $y=b_0+bx$
β -karoten w <i>Alopecurus pratensis</i> a nawożenie azotowe gleby β -carotene in <i>Alopecurus pratensis</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,7064	67,354	xxx	$y=22,6227+0,3907 x$
β -karoten w <i>Festuca rubra</i> a nawożenie azotowe gleby β -carotene in <i>Festuca rubra</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,4221	20,453	xxx	$y=23,8396+0,4639 x$
β -karoten w <i>Festuca pratensis</i> a nawożenie azotowe gleby β -carotene in <i>Festuca pratensis</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,7905	105,655	xxx	$y=27,3418+1,1502 x$
β -karoten w <i>Holcus lanatus</i> a nawożenie azotowe gleby β -carotene in <i>Holcus lanatus</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,3565	15,512	xxx	$y=32,0549+0,6393 x$
β -karoten w <i>Poa pratensis</i> a nawożenie azotowe gleby β -caroten in <i>Poa pratensis</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,5199	30,317	xxx	$y=23,8139+0,8834 x$
β -karoten w <i>Carex hirta</i> a nawożenie azotowe gleby β -carotene in <i>Carex hirta</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,7722	94,891	xxx	$y=29,0984+0,3568 x$
β -karoten w <i>Carex Hudsonii</i> a nawożenie azotowe gleby β -carotene in <i>Carex Hudsonii</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,6105	43,886	xxx	$y=24,8056+0,2134 x$
β -karoten w <i>Plantago lanceolata</i> a nawożenie azotowe gleby β -carotene in <i>Plantago lanceolata</i> and nitrogen fertilization of the soil	0,3763	16,890	xxx	$y=32,5762+0,4578 x$

Uwaga: xxx — korelacja bardzo istotna.

Note: xxx — very significant correlation.

gleby towarzyszy wyższa zawartość β -karotenu w tej roślinie. W niniejszej pracy zawartość β -karotenu w roślinach waha się w granicy od 16,4 do 70,93 mg % s.m. i jest różna u różnych gatunków roślin (tab. 2). We wszystkich badanych gatunkach roślin zaobserwowano wzrost zawartości β -karotenu pod wpływem nawożenia azotowego (tab. 2). Nawożenie azotowe sprzyja zwłaszcza gatunkom nitrofilnym, do których z grupy traw Reid (1961) i Hunt (1962) zaliczają gatunek *Festuca pratensis* i *Poa pratensis* (Falkowski i Kukułka, 1978). Potwierdzają to badania niniejszej pracy, w których największy dodatni wpływ nawożenia azotowego na zawartość β -karotenu zaznacza się u roślin *Festuca pratensis*, *Poa pratensis* i *Holcus lanatus*. Zależność tę wyrażają dodatnie korelacje między zawartością tego składnika w liściach badanych gatunków roślin a nawożeniem azotowym (tab. 4, rys. 1). Najślabiej na nawożenie azotowe reagują rośliny *Carex Hudsonii*, co przejawia się w niewielkim wzroście zawartości β -karotenu w ich liściach pod wpływem nawożenia azotowego, w porównaniu z innymi badanymi gatunkami roślin (tab. 2, rys. 1). Produkcja β -karotenu u tych samych gatunków roślin podobnie nawożonych może być różna. Wskazują na to wyniki niniejszych badań, w których gatunek *Festuca rubra* różni się zawartością β -karotenu w liściach na obu badanych w tym samym czasie łąkach (A i B). Maksymalną zawartość tego składnika na łące A w liściach *Festuca rubra* stwierdzono przy nawożeniu 330 kg N+PK, a na łące B przy nawożeniu 110 kg N+PK. Można więc sądzić, że na produkcję β -karotenu w roślinach mają wpływ i inne czynniki, których zbadanie jest niezbędne dla poszerzenia naszej wiedzy o tym zagadnieniu. Średnie zawartości β -karotenu w liściach tych samych gatunków roślin są wyższe na łące B, niż na łące A, co wskazuje, że na łące B pozostałe czynniki, nie badane w niniejszej pracy bardziej sprzyjają produkcji karotenowej.

WNIOSKI

1. Gromadzenie się β -karotenu w roślinach zależy w dużym stopniu od nawożenia azotowego; im większa zawartość azotu w glebie, tym większa zawartość β -karotenu w liściach badanych gatunków roślin (tab. 2, rys. 1).

2. Najlepiej na nawożenie azotowe reagują gatunki nitrofilne, jak *Festuca pratensis* i *Poa pratensis*, co wyraża się największą produkcją β -karotenu w liściach tych roślin (tab. 2, rys. 1).

3. Na produkcję β -karotenu w roślinach mogą wywierać wpływ i inne czynniki, co przejawia się w różnej zawartości β -karotenu w liściach tych samych gatunków roślin, pochodzących z dwu różnych, jednakowo nawożonych łąk (tab. 2).

Składam serdeczne podziękowanie doc. dr. hab. Janowi Sarosiekowi, za cenne wskazówki udzielone mi w czasie wykonywania tej pracy.

STRESZCZENIE

W kilkuletnim doświadczeniu kombinowanym, w którym zastosowano zróżnicowane nawożenie azotowe na tle jednolitego nawożenia fosforowo-potasowego, określono zawartość β -karotenu w liściach: *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Carex hirta*, *Carex Hudsonii* i *Plantago lanceolata*. Azot wprowadzono w ilości 110, 220 i 330 kg N/ha, fosfor w ilości 400 kg P/ha, potas w ilości 250 kg K/ha. Zbadano korelacje między zawartością β -karotenu w liściach badanych gatunków roślin a nawożeniem azotowym gleby. Stwierdzono, że zawartość β -karotenu w roślinach skorelowana jest dodatnio z nawożeniem azotowym gleby, co oznacza, że większej zawartości azotu w glebie towarzyszy większa zawartość β -karotenu w badanych gatunkach roślin.

LITERATURA

- Baszyński T., Zawadzka I., 1954. Wartość odżywcza i witaminowa wysokogórskich tatrzańskich zespołów pastwiskowych. Acta Soc. Bot. Pol. 23: 99-115.
- Clarke M. F., 1953. A study of the carotene and crude protein content of orchardgrass (*Dactylis glomerata*), Canad. J. Agric. Science, 33: 184-186.
- Elandt R., 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego, PWN, Warszawa, 595.
- Falkowski M., Kozłowski S., 1978. Hodowla i nasiennictwo [W:] Łąkarstwo i gospodarka łąkowa, red. M. Falkowski, PWRiL, Warszawa, 569-594.
- Falkowski M., Kukułka I., 1978. Mineralne żywienie roślin i nawożenie [W:] Łąkarstwo i gospodarka łąkowa, red. M. Falkowski, PWRiL, Warszawa, 300-410.
- Hunt I. V., 1962. Productivity, persistence and response to nitrogen of Italian Ryegrass Varieties. J. Brit. Grassld. Soc. 17: 125-129.
- Kukułka I., 1965. Charakterystyka odmian hodowlanych traw łąkowych pod względem zawartości chlorofilu i β -karotenu, Rocz. WSR Pozn. 30: 197-204.
- Kukułka I., 1971. Zawartość karotenu i chlorofilu w runi pastwiska intensywnie nawożonego, Zesz. probl. Post. Nauk rol. 114: 77-81.
- Nowacki E., 1978. Fitochemia roślin łąkowych [W:] Łąkarstwo i gospodarka łąkowa, red. M. Falkowski, PWRiL, Warszawa, 223-233.
- Pickett R. C., 1950. Variability of crude protein and carotene contents and their relations with other characters in brome grass (*Bromus inermis* Leyss.). Agronomy J. 42: 530-535.
- Reid D., 1961. Factors influencing the role of clover in grassclover leys fertilized with nitrogen at different rates. III. The effects of the variety of companion grass and of the variety of clover on the botanical composition of the sward. J. agric. Sci. 57: 231-236.

- Scheffé H., 1959. The analysis of variance. J. Wiley and Sons. Inc., New York-London, 477
- Schmalfluss K., 1964. Żywienie roślin i nawożenie gleby. PWRiL, Warszawa, 314.
- Sidorowicz M., Włodarczyk S., 1968. Wpływ nawożenia i nawadniania na dynamikę gromadzenia cukrów i karotenów w mieszanke motylkowatych z jęczmieniem. Zesz. nauk. WSR Wroc. Melior. XIII, 80: 193-200.
- Watkins W. E., 1939. Monthly variation in carotene content of two important range grasses, *Sporobolus flexuosus* and *Bontelona eriopoda*. J. Agric. Res. 58: 659-663.
- Widera M., Kazimierzak B., 1970. Wstępne badania nad występowaniem ksantofili w suszach zielonek. Biuletyn Informacyjny IMER, 12: 99-104.
- Wierzchowski Z., 1957. Zmiany zawartości karotenów w roślinach pastewnych w okresie ich wegetacji. Roczn. Nauk rol. 71, B-4: 565-614.
- Wierzchowski Z., Basaj J., 1958. Metoda oceny siana na podstawie zawartości karotenów. Roczn. Nauk rol. 73, B-3: 459-476.
- Wierzchowski Z., 1960. Próba oceny produkcji karotenowej łąk. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 20: 161-168.
- Włodarczyk S., 1968. Zawartość białka surowego i karotenów w sianie z Kalnicy (pow. Lesko-Bieszczady). Zesz. nauk. WSR Wroc. Melior. XIII, 80: 201-213.
- Włodarczyk S., 1975. Karoteny i białko surowe w roślinności niektórych łąk górskich i nizinnych woj. wrocławskiego. Zesz. nauk. AR Wroc. Rol. XXXI, 109: 197-218.
- Zawadzka I., 1953. Wartości witaminowe sian z poszczególnych typów łąk woj. białostockiego. Acta Soc. Bot. Pol. XXII, 379-388.