

草類の可溶性炭水化物の生理化学的研究 第2報

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	菅原, 和夫 伊沢, 健
巻/号	20巻4号
掲載ページ	p. 199-204
発行年月	1974年12月

草類の可溶性炭水化物の生理化学的研究

第2報 越冬および早春期におけるオーチャードグラス 貯蔵炭水化物の経時的变化

菅原和夫・伊沢健

東北大学農学部附属草地研究施設(宮城県玉造郡鳴子町)

1. 緒言

寒地型イネ科牧草の葉鞘や根部には、秋の気温の低下にともない、重合度の高い、多量のフラクトサンが蓄積する^{1,2,3)}。前報³⁾では、このような重合度の高いフラクトサンを、多量に含有したオーチャードグラスを刈取り、その再生過程における、フラクトサンの経時的变化について報告した。すなわち、刈株のフラクトサンは、刈取り直後一時減少し、再生が進むにつれて再び回復するが、この時変化するフラクトサンは、50%以下のアルコールに可溶な、比較的高重合度のものである事がわかった。しかし、これは高含有率、高重合度のフラクトサンを、あくまで、刈取りという人為的手段で急激に低下させたものであり、SMITH⁴⁾がチモシーで見たような、春の生長開始期にかけての、フラクトサンの分解、利用に対応しうるものかどうか、なお疑問の余地が残されている。

本報では、秋に含有量及び重合度の増大したオーチャードグラス葉鞘及び根部のフラクトサンが、貯蔵炭水化物の利用期、すなわち、越冬期から早春にかけて、量的或は質的に、如何なる変動を示すかを調べた。また株の年齢と貯蔵炭水化物の関係を知るため、移植1年目と、3年目のものを用いて、それらの相違を比較した。

2. 実験材料および方法

材料は前報³⁾と同様に、オーチャードグラス(フロード種)の同一クローンからなるものを、東北大学附属農場で栽培したものである。1969年春に分株したものを1年生、1967年に分株したものを3年生とした。

分析試料は、1969年12月から、1970年4月下旬まで

の間に、栽培牧草を5回掘りとり、根を流水で洗って、根元から切りはなし、葉身、葉鞘、根部に分け、後二者を分析に供した。採取試料は、105°Cで30分加熱後、1夜70°Cで乾燥し、粉碎機とボールミルで粉末とした。

全糖並びにフラクトサンの抽出、分画及び定量は、前報³⁾にしたがって、アルコール溶性区分法⁵⁾及びSOMOGYI法⁶⁾で行なった。

3. 結果

1) 可溶性炭水化物の量的变化

はじめに、オーチャードグラス葉鞘並びに根部における可溶性炭水化物の季節的变化について、第1表に1年生の、第2表に3年生の結果を示した。還元糖、非還元糖は、一般に冬から春の生長開始期までは大きな変動はないが、伸長のはじまる4月下旬になると、非還元糖はかなり減少し、4月下旬の含有率は、2月下旬のもの約3分の1に低下している。従って全糖の含有率も低くなるが、全糖にしめる還元糖の割合は、2月末にくらべ4月末では大きくなる。還元糖、非還元糖については、1年生のものと、3年生のものとの間に、特に相違は見られないが、葉鞘と根部とでは、1部を除いて、1年生、3年生とも還元糖は葉鞘が、非還元糖は根部の方が高い傾向にある。これら非還元糖の大部分はSucroseであり、この場合、最も簡単な形の貯蔵炭水化物として考えられるので、還元糖対非還元糖の比の大小は、その時点における器官または組織の活力の指標として考えられる。

一方フラクトサンの含有率は、葉鞘、根部とも、3月下旬から4月上旬にかけて減少しはじめ、4月下旬に至

Table 1. The variation of Sugars and fructosan concentration in the leaf sheath and root of orchard grass at 1-year-old grassland.

	Sampling Date	Reducing Sugar	Nonreducing Sugar	Total Sugar	Fructosan ^{a)}	Total Soluble Carbohydrate
Leaf Sheath	Feb. 27	1.72% ^{b)}	1.43%	3.15%	28.60%	31.75%
	Mar. 24	2.31	1.25	3.56	24.50	28.06
	Apr. 10	2.71	1.09	3.80	12.50	16.30
	Apr. 28	1.87	0.44	2.31	1.94	4.25
Root	Feb. 27	1.86	1.72	3.58	23.11	26.69
	Mar. 24	1.13	2.44	3.57	19.13	22.70
	Apr. 10	1.30	1.51	2.81	12.50	15.31
	Apr. 28	1.21	0.68	1.89	6.31	8.20

a) extracted between 85% ethmol and water

b) % to dry mater

Table 2. The variation of Sugars and fructosan concentration in the leaf sheath and root of orchard grass at 3-year-old grassland.

	Sampling Date	Reducing Sugar	Nonreducing Sugar	Total Sugar	Fructosan ^{a)}	Total Soluble Carbohydrate
Leaf Sheath	Feb. 26	1.96% ^{b)}	1.52%	3.48%	31.70%	35.18%
	Mar. 23	1.77	1.11	2.88	33.00	35.88
	Apr. 10	2.14	1.26	3.40	20.00	23.40
	Apr. 30	2.31	0.57	2.88	3.00	5.88
Root	Feb. 26	1.52	2.51	4.03	25.31	29.34
	Mar. 23	1.91	2.08	3.99	24.69	28.68
	Apr. 10	2.02	1.38	3.40	14.75	18.15
	Apr. 30	2.17	0.96	3.13	9.38	12.51

ってその傾向が一層著しくなる。特に葉鞘では、1年生の方が3年生のものより早い時期から減少がおこっていることが注目される。また1, 3年生のものとも、根部のフラクトサンは、葉鞘にくらべ、2月下旬の含有率は低い、4月下旬では逆転し、むしろ高く、遅くまで残存する傾向にある。

全糖とフラクトサンの量的関係をみると、フラクトサンは、3月下旬から4月下旬までの間に大部分分解し、フラクトサン区分としての糖含有量は非常に少くなる。一方この期間、全糖は減少の傾向にあるとはいえ、一時増加するときもあるが、量的変動は小さく、その間の差は1%にもみえない。従って、フラクトサンの分解産物としての単、少糖類が、一時多量に蓄積する傾向はほとんど見られないといってよい。これらも、前報³⁾の人為的刈取りにより、急激なフラクトサンの分解をひきおこさせた場合と、全く同様である。

2) フラクトサンの質的变化

次に葉鞘ならびに根部のフラクトサンの質的变化、すなわち重合度組成を調べてみた。第3表に1年生葉鞘の、第4表に同じく根の結果を示す。1年生葉鞘では、量的にも変化の少い前半2月27日と3月24日(以下2/27, 3/24と略記する)のものは、殆んど同じ重合度組成をもっている。つまり65% *Ethanol* で全可溶性炭水化物 (*T.S.C.*) の約20%, 50% *Ethanol* で80%が抽出される。これに対して、*T.S.C.* が約半分減少した後期4/10の時点になると、65% *Ethanol* で *T.S.C.* の40%, 50% *Ethanol* で98%以上も抽出されるようになる。つぎに、これらを実際の抽出量でみると、試料の乾物100mg当りの抽出量は、3/24が6.00mg, 4/10が6.93mgと大差ないが、0% *Ethanol* (水)での抽出量は、3/24が28.06mg, 4/10が17.30mgと4/10のものが非常に少くなっている。つまり65% *Ethanol*

Table 3. Soluble carbohydrates extracted with various ethanol concentrations in leaf-sheath of orchardgrass at 1-year-old grassland.

Per Cent of ethanol	Date			
	Feb. 27	Mar. 24	Apr. 10	Apr. 28
95	mg ^{a)} 1.34	mg 1.91	mg 2.71	mg 2.30
85	3.15	3.56	4.80	2.31
65	5.75	6.00	6.93	3.78
50	24.50	22.31	17.00	4.25
30	31.06	28.00	17.06	4.25
Water	31.75	28.06	17.30	4.25

a) Fructose mg per 100 mg dry matter

Table 4. Soluble Carbohydrates extracted with various ethanol concentrations in root of orchardgrass at 1-year-old grassland

Per Cent of ethanol	Date			
	Feb. 27	Mar. 24	Apr. 10	Apr. 28
95	mg ^{a)} 3.03	mg 2.66	mg 1.44	mg 1.72
85	3.58	3.57	2.81	1.89
65	6.25	5.38	5.38	4.65
50	15.19	14.81	11.88	7.13
30	26.63	22.63	14.81	8.10
Water	26.69	22.70	15.31	8.20

Table 5. Soluble Carbohydrates extracted with various ethanol concentrations in leaf-sheath of orchardgrass at 3-year-old grassland

Per Cent of ethanol	Date			
	Feb. 26	Mar. 23	Apr. 10	Apr. 28
95	mg ^{a)} 1.05	mg 0.83	mg 1.46	mg 1.66
85	3.48	2.88	3.40	2.88
65	3.65	3.56	4.79	4.45
50	26.72	25.55	18.75	4.81
30	34.92	35.00	21.72	5.69
Water	35.18	35.88	23.40	5.88

不溶—水可溶の比較的 重合度の高いものが減少している。4/28になると、どの区分のものもさらに少くなっているが、特に50%以上の *Ethanol* で不溶であるような高分子のものは、殆んど存在せず、全糖と少量の低分子

Table 6. Soluble Carbohydrates extracted with various ethanol concentration in root of orchardgrass at 3-year-old grassland

Per Cent of ethanol	Date			
	Fed. 26	Mar. 23	Apr. 10	Apr. 28
95	mg ^{a)} 1.96	mg 1.91	mg 2.26	mg 2.06
85	4.03	3.99	3.40	3.13
65	6.46	5.56	4.18	3.75
50	13.45	12.13	8.84	7.19
30	26.56	24.88	16.25	9.53
Water	29.34	28.68	18.15	12.51

フラクトサンが存在しているのみである。

同様に、一年生の根部について第4表をみると、2/27のものでは、*T.S.C.* が 26.69 mg と葉鞘より少く、しかも50% *Ethanol* で *T.S.C.* の 56.9% しか抽出されない。つまり、葉鞘にくらべ、*T.S.C.* 含有率は低いが、組成的には重合度の高いものが多い。経時の変化をみると、65% *Ethanol* での抽出量は、いずれも4~6 mg だいで葉鞘とほぼ同じだが、その *T.S.C.* に対する抽出率は、2/27で23.4%、3/24で23.7%、4/10で35.1%、4/28で56.7%と特に4月に入ってからの65% *Ethanol* 可溶性炭水化物の割合が高まらず、50% *Ethanol* でも4/10には77.6%、4/28で87.0%しか抽出出来ない。つまり、葉鞘にくらべ高分子フラクトサンの分解が遅くれている。

3年生葉鞘では、第5表に示す通り、2/26のものは、65% *Ethanol* 可溶が *T.S.C.* の 10.4%、50% *Ethanol* で76.0%、30% *Ethanol* で99.3%と、65% *Ethanol* 不溶—30% *Ethanol* 可溶の比率が高く、1年生オーチャードグラスとほぼ同じ重合度組成となっている。しかし、4/10のものは、65% *Ethanol* で *T.S.C.* の 20.5%、50% *Ethanol* で80.1%、30% *Ethanol* で92.8%と、まだかなり重合度の高いものが残っており、4/28でも50% *Ethanol* で81.8%しか抽出されない。

3年生根部については、第6表に示したが、2/26の時点では、葉鞘の場合、65% *Ethanol* 不溶—50% *Ethanol* 可溶区が多いのに対して、50% *Ethanol* 不溶—30% *Ethanol* 可溶区が多く、1年生の場合と同様に、葉鞘にくらべ、より重合度の高いものが多い。また葉鞘にくらべ、季節の進行にともなって生ずるそれらの分解も遅く、4/10のもので、50% *Ethanol* 抽出のものは、*T.S.C.* の 48.7% と少く、30% *Ethanol* で89.5%が抽出されることから、50% *Ethanol* 不溶—30% *Ethanol* 可溶の

ものが相当量残存している。しかし4/28になると、この分画のものもかなり少くなり、50% *Ethanol* で *T. S. C.* の57.5%、30% *Ethanol* で76.2%と、*T. S. C.* の約20%弱を含むことになるが、さらに重合度の高い30% *Ethanol* 不溶—0% *Ethanol* (水)可溶区のもの分解されずに残っており、30% *Ethanol* で抽出されるものの *T. S. C.* に対する割合は、4/10が89.5%、4/28が76.2%とむしろ小さくなっている。

4. 考 察

以上の結果から、オーチャードグラスの貯蔵フラクトサンの冬から春にかけての分解、利用は、前報³⁾の刈取りによる急激な消耗時と、基本的には同じ様式で低分子化し、主に早春の生長に利用される。この春のフラクトサンの重合度の変動は、SMITH⁴⁾の観察したチモシーの結果とも同様であった。

フラクトサンの分解、利用は、その分子量組成の変化からみて低分子のもののみが、高分子のものに先だって利用されつくすことはなく、低分子のもの分解にもなって高分子のものが分解され、見かけ上は、むしろ高分子のものが、低分子のものに先だって利用される様相を呈する。またその時、葉鞘の85% *Ethanol* 不溶—65% *Ethanol* 可溶の比較的低重合度のフラクトサンが、一時期わずかに含有率を高める傾向は見られるものの、単、少糖類の多量な蓄積はみられない。このような現象は、葉鞘フラクトサンの含有率の増大と分子サイズの変化について、小島等²⁾が述べているように、やはり低分子糖類と細胞浸透圧との関係として考えることが出来る。つまり、このようなフラクトサンの分解は、種子の発芽時の胚乳での貯蔵炭水化物の分解とは異なって、代謝活性の高い組織内で生ずる現象であるので、フラクトサンの急激な分解で、単、少糖類が多量に生成され、細胞浸透圧が異常に上昇しないように、分解とその利用が非常に均衡がとれて行われているものと考えられる。また、貯蔵部位については、葉鞘のフラクトサンが、根部のものに先だって分解利用されることも前報³⁾のとおりである。

貯蔵炭水化物は、体内での炭水化物の消費が、同化器官からの光合成産物の供給を越えている場合に必要とされる⁷⁾。これは、代謝エネルギー源としてのみではなく、他の体構成物質を合成する炭素骨格源としても利用されると考えられる。ここで、このオーチャードグラスの *T. S. C.* をみると、葉鞘、根部とも、2/27から3/24までは量的にはほとんど変化していない。そこでこの年の当圃場での気温の変化にてらしてみると、すくなくと

も3月下旬では、旬間平均気温が1.1°Cとまだ低く、従って呼吸エネルギーの必要量も小さく、また新組織の形成もまだ活発でないので、貯蔵炭水化物の消費量が小さいものと考えられる。これに対して、4月に入ると *T. S. C.* が急激に減少している。この時期は、3月にくらべ気温も旬間平均で5.4°C、中旬平均で7.1°Cと上昇しているところから、養分吸収など多くの代謝活性が高まり、また新組織の形成も盛んとなる。しかし一方この時期の温度は、葉での物質生産にとってはまだ低くすぎ⁹⁾、また光合成器官の老化¹⁰⁾や健全葉の減少により、同化量も少く、全体的にはかなり heterotrophic な時期と考えられる。従って代謝エネルギー源のみではなく、新組織形成の為の炭素源としても相当量の貯蔵炭水化物が利用されると考えられる。このように秋に蓄積された貯蔵炭水化物は、越冬時よりも、早春の生長開始期に大きな役割をもっていると考えられる。早春に貯蔵炭水化物が急減することは、OKAJIMA等¹¹⁾の報告でも同様である。従って晩秋の窒素施肥^{12,13)}なども、同様に早春の為の貯蔵窒素として今後検討されねばならないと考えられる。

今回は、さらに草地の年齢と貯蔵養分との関係をみるため、移植1年目の株と、3年目の株について比較した。2月末の貯蔵炭水化物含有率は、3年目が1年目にくらべ高含有率だったが、越冬後の春先の分解は、1年目の方が早い時期からおこり、特に3年目のものの根部では、4月末でもまだかなり高重合度のフラクトサンを含有していた。ルーサン¹⁴⁾では、1年生のものと、2,3年生のものとの可溶性糖の含有率が異なってくるという報告はあるが、オーチャードグラスは多年生草とはいえ、その個体は分けつにより新しい個体を残すという若選りを行い、草地の年齢は異なっても、構成個体の年齢はそれほど差はないはずである。ここでは明らかに、1年生株と3年生株との間に貯蔵炭水化物の利用速度で違いがみられ、若い株のものが、あたかも古い株に先立って春の活動を開始する様相がみうけられた。これらの点については、草地の年齢と草地管理の問題として重要であるので、地下部の活性の変化を含めて今後検討せねばならない。

本研究に際し、有益な助言を賜った、東北大学林兼六教授に謹んで感謝の意を表します。

5. 摘 要

1年生及び3年生草地のオーチャードグラスの、葉鞘ならびに根部に含まれる貯蔵フラクトサンの、越冬期と早春期における量的・質的变化を調べた。

1) 早春の貯蔵フラクトサンの分解による各重合度のフラクトサン組成の変動は、秋期に刈取りによっておこした人為的分解と、基本的には同じ形であった。

2) 葉鞘、根部のフラクトサン含有率は、1, 3年生草地のものとも、春の生長のはじまる4月に入ると激減するが、1年生が3年生のものより早い時期から減少がおこっている。

3) フラクトサン含有率のほとんど変化しない3月末までは、各重合度のフラクトサン組成は殆んど変化しなかったが、含有率の低下した4月に入ると急に高重合度のものが少くなる。この変化は1年生のものは3年生のものより早く、また葉鞘では根部より早く生ずる。

引用文献

- 1) SMITH D.: *Crop Sci.* 8, 331 (1968).
- 2) 小島邦彦, 伊沢 健: *日草誌* 16, 112 (1970).
- 3) 菅原和夫, 伊沢 健, 林 兼六: *日草誌* 18, 202 (1972).
- 4) SMITH D.: *Crop Sci.* 7, 62 (1967).
- 5) SMITH D and GROTELUESCHEN R.D.: *Crop Sci.* 6, 263 (1966).
- 6) SOMOGYI M.: *J. Biol. Chem.* 160, 61 (1945).
- 7) SMITH D.: *The Biology and Utilization of Grasses.* Edited by V.B. YOUNGNER and C.M. MCKELL. Academic Press, New York and London p. 318 (1973).
- 8) BLACKMAN G.E.: *J. Agr. Sci.* 26, 620 (1936).
- 9) MURATA Y. and IYAMA J.: *Proc. Crop. Sci. Jap.* 31, 315 (1963).
- 10) THORNE G.N.: *Ann. Bot. N.S.* 25, 29 (1961).
- 11) OKAJIMA H. and SMITH D.: *Crop Sci.* 4, 317 (1964).
- 12) BAKER K.H.: *J. Br. Grassl. Soc.* 15, 275 (1960).
- 13) 平島利昭, 能代昌雄: *日草誌*, 19, 53 (1973).
- 14) PROTSSENKO D.F. and NAURYZBAEV O.: *Herb. Abstr.* 43, 54 (1973).

(昭和49年9月13日受理)

Physiological Studies on Available Carbohydrates in Grasses

2. Available carbohydrate of orchard grass during winter and early spring.

KAZUO SUGAWARA and TAKESHI ISAWA

Institute of Grassland. Faculty of Agriculture, Tohoku University
(Narugo-machi, Miyagi-ken)

Summary

The quantitative and qualitative variation of reserve carbohydrates in the leaf-sheath and root of orchard grass in 1- and 3-year-old grassland was estimated during winter and early spring.

1. The variation-pattern of concentration and chain length of fructosan in early spring was very similar to that induced by cutting Autumn (previous paper).

2. The concentration of soluble carbohydrate (fructosan) extracted between 85% ethanol and water in the root and leaf sheath came down with a run in April when the growth of new shoots was initiated, and this reserve carbohydrate of orchard grass in 1-year-old grassland decreased more rapidly than that in 3-year-old grassland during early spring.

3. The composition of fructosan in leaf sheath and root little varied until late March when quantitative variation of reserve carbohydrates was not found, but the proportion of long chain fructosans decreased slightly in April. This variation of chain length of fructosan arose earlier in orchard grass of 1-year-old as compared with 3-year-old grassland, and earlier in leaf-sheath as compared with in root.

(J. Japan. Grassl. Sci., 20(4), 199~204, 1974)