

サトウキビの茎・根・葉の  
遊離アミノ酸

松井年行・北川博敏

FREE AMINO ACIDS IN STALKS,  
ROOTS AND LEAVES OF SUGARCANES

Toshiyuki MATSUI and Hirotohi KITAGAWA

We report on the changes of contents of free amino acids in stalks, roots and leaves of two varieties of sugarcane, 'Chikusha', and 'N: CO 310'. Asparagine was the predominant free amino acid, followed by glutamic acid in the middle stalks of both varieties in November. Asparagine contents in the roots were high during the period of rapid growth (in August), while alanine contents in leaves were high at the same period. The observation that asparagine showed the highest content in the stalk at harvest season and in the root during rapid growth indicates that it may act as storage type of amino acid.

サトウキビ品種「竹蔗」と「N: CO 310」の茎、根、葉の遊離アミノ酸含量の変化について報告する。アスパラギンは11月の両品種の茎中部において一番含量の多い遊離アミノ酸で、次いでグルタミン酸であった。根のアスパラギン酸含量は、急速生長期（8月）に高く、一方葉のアラニン含量は、同時期に高かった。アスパラギンが収穫期の茎と生長期の根で最大含量を示すという観察は、それがアミノ酸の貯蔵形態の一つである可能性が考えられる。

## 緒 言

四国地方で和三盆糖の原料として栽培されている品種は、在来種の「竹蔗」と高貴種の「N: CO 310」であり、前者の反収は4.5~5トン、後者は7.5~8トンであると言われている。また、和三盆糖を「N: CO」だけから作ると風味の良い製品とはならない<sup>(1)</sup>。これは遊離アミノ酸含量の多い「竹蔗」を使用した方が、「N: CO」よりもアミノ酸と還元糖から生じたカルボニル化合物が多くなるためと考えられている<sup>(1)</sup>。サトウキビの茎の圧搾汁からの遊離アミノ酸組成は、収穫期で変動することがすでに知られている<sup>(2)(3)</sup>。しかしながら、サトウキビの部位別の遊離アミノ酸の変動については不明な点が多い。そこで、全遊離アミノ酸含量、アスパラギン、アラニン、ヒスチジン含量等と新鮮重が大きく異なる「竹蔗」と「N: CO」をとり上げ、窒素の施肥量を両品種一定にして栽培したサトウキビの茎・根・葉における遊離アミノ酸の収穫時期による消長を見たので報告する。同時に、両品種の生育の相異を全遊離アミノ酸と特徴的な各遊離アミノ酸の消長から推定した。

## 試料及び実験方法

## 1. 試料

1984年4月上旬、香川大学農学部付属農場実験圃場に「竹蔗」と「N: CO」の2品種を2節苗とし挿苗した。苗床を温室（23℃）に入れ発芽し、4月下旬圃場に植えかえた。肥料は4月中旬、圃場10㎡当り堆肥、米糠

各15kg, 化成肥料(日産複合肥料525) 10kgを施肥した。追肥は6月上旬に化成肥料(同上) 5kgを施肥した。圃場で栽培した‘竹蔗’と‘N:CO’を5月から11月まで毎月25日に各品種3検体ずつランダムに採取し、これを試料とした。水で洗浄した後、土、水分を取り除き、根・茎・葉に分け重量を測定した。8月以降は茎を上部から3等分し、上・中・下部とし付属する各節の葉も上・中・下部とした。

2 全遊離アミノ酸の定量

試料約10gに90%エタノールを全体のエタノール濃度が80%になるように加え、約2gの海砂と共に乳鉢中で磨砕した。これを85℃湯浴中で還流冷却器を付し30分間加熱抽出した。残渣を再び80%エタノール200mlで加熱抽出した。さらに残渣は、ニンヒドリン反応が陰性となるまで洗浄し、これをひだ濾紙を用いて濾過し、濾液を分析試料とした。検量線は、あらかじめアスパラギン酸で求め、試料液をニンヒドリン比色法で定量した<sup>(4)(5)</sup>。

3 遊離アミノ酸の定量

全遊離アミノ酸試料をAmberlite IR-120B(H<sup>+</sup>型)カラム(20i.d×10cm)に添加し、遊離アミノ酸だけを吸着し十分水洗した後、0.5Nアンモニア水で遊離アミノ酸を溶出した。この溶出液を減圧濃縮しpH2.2の緩衝液で10mlに定容とした。従来のアミド定量法は酸加水分解によってアスパラギン酸、グルタミン酸に分解して、分解前に存在したそれぞれのアミノ酸量を差し引いて求めていた<sup>(6)</sup>。しかし、この方法は誤差のはいる可能性が大きいので、835型日立高速アミノ酸自動分析計を用いて、リチウム緩衝液を使用する生体成分分析法にて分析した<sup>(7)</sup>。

結果及び考察

1. 全遊離アミノ酸の消長

Fig 1 にサトウキビ‘竹蔗’と‘N:CO’の茎・根・葉の生重量について示した。7, 8, 9月が急速生長期に当り重量の著しい増加を示しているが、根では微増を示すに過ぎなかった。‘N:CO’の茎・葉の重量は、収穫期で‘竹蔗’の約2倍であった。一般に‘竹蔗’は分けつが多く、1本の茎に対するショ糖の歩止りは低いとされているが、‘N:CO’と比較すると茎の重量からもこの事がいえる。

Fig 2 に両品種の茎の全遊離アミノ酸含量を示した。7月までは、節間が短かく上・中・下部に分けられない

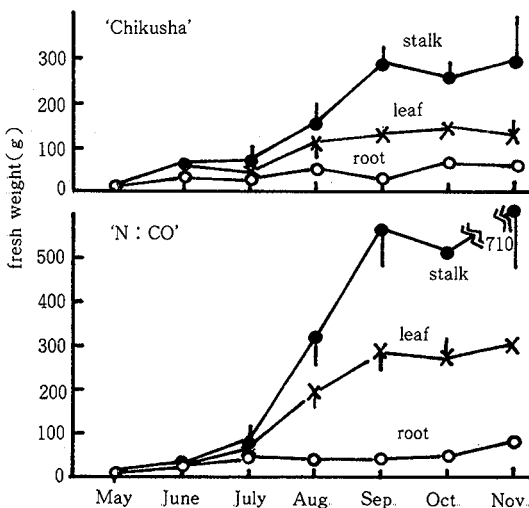


Fig. 1. Changes in wet weights of stalk, root and leaf of two varieties of sugarcane. Values are means with S E (n = 3).

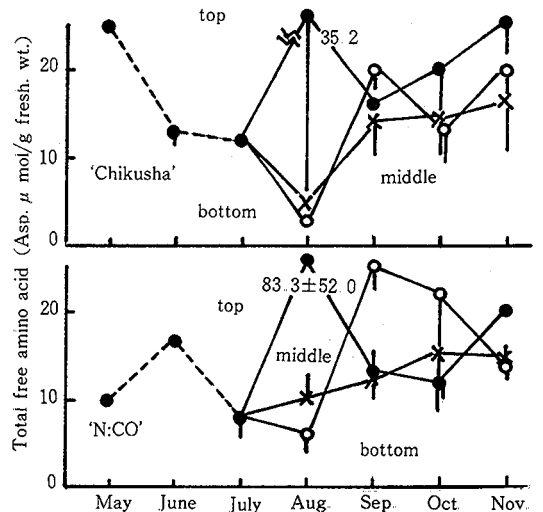


Fig. 2. Changes in the total free amino acid content of the middle stalks of two varieties of sugarcane. ●, top part; X, middle part; ○, bottom part. Values are means with S. E. (n = 3).

が, Fig. 1でも明らかなように両品種でほとんど茎・根・葉の重量変化は見られなかった。Fig. 1では, 7月から8月に急速生長期となり‘竹蔗’で約1.9倍, ‘N:CO’で約4倍の重量増加が見られた。7月から8月の全遊離アミノ酸含量変化を最も重量変化の急な最上部で見ると (Fig. 2), ‘竹蔗’で約2.9倍, ‘N:CO’で約8倍の全遊離アミノ酸の増加が認められた。同月の茎中部の全遊離アミノ酸含量は, ‘竹蔗’ではいずれも減少, ‘N:CO’の下部で増加した。茎の上・中・下部のアミノ酸を合計すると, 茎重量の傾向と同様に, ‘N:CO’のアミノ酸含量が‘竹蔗’よりも多かった。8月から9月の重量変化は, ‘竹蔗’で約2倍, ‘N:CO’で約1.8倍の増加を示した。この月の全遊離アミノ酸含量は, 両品種とも茎上部で急激に減少するが, 茎の中・下部で増加が見られ全体として増加傾向になった。茎の重量増加と茎の全遊離アミノ酸含量の増加は両品種でかなりよく一致する傾向を示した。11月の収穫期での全遊離アミノ酸含量は, ‘竹蔗’の方が‘N:CO’より多く, 従来から言われている傾向とよく一致した。

Fig. 3に両品種の根・葉における全遊離アミノ酸含量を示した。8月の根では, ‘N:CO’は‘竹蔗’よりも1g当たり約5 $\mu$ molも多く, 両品種とも他の月よりも極端に多い。この事は, 茎の急速生長に使用される全遊離アミノ酸が根から移行するためと推定される。一方葉では, 根・茎のように急激な全遊離アミノ酸の増加は見られず, 5月から11月にかけて減少傾向になり, 全遊離アミノ酸の生成は根と茎で活発に行われていると考えられる。

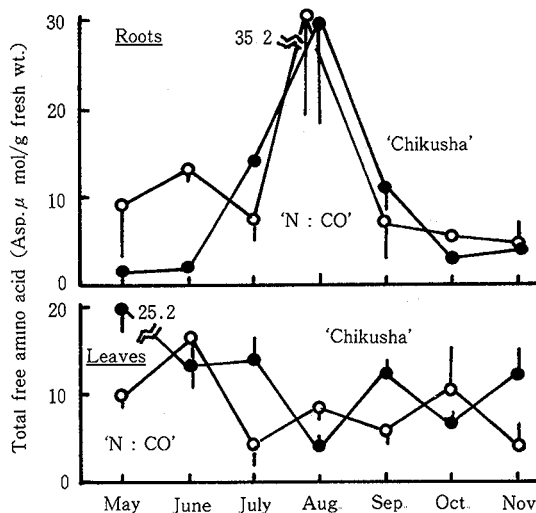


Fig. 3. Changes in the total free amino acid content of the roots and leaves of two varieties of sugarcane.

●, ‘Chikusha’; ○, ‘N:CO 310’

## 2 遊離アミノ酸の消長

Table 1に急速生長期の8月と収穫期11月の茎中部における遊離アミノ酸組成を示した。Fig. 2の全遊離アミノ酸含量の変化のうちで茎中部は, ‘竹蔗’で8月の5 $\mu$ molから11月の15 $\mu$ molへ増大した。一方‘N:CO’の場合10 $\mu$ molから15 $\mu$ molへ増大を示しているの、茎中部の全遊離アミノ酸含量 (Table 1)も当然増大した。‘竹蔗’の茎中部で遊離アミノ酸の合計 (アンモニア, 尿素を除外) に対するアスパラギンの割合は, 8月で60%, 11月で71%に増大した。一方‘N:CO’では, 58%から73%に増加した。アラニンの場合は減少し, その割合は‘竹蔗’で7.0%から3.8%, ‘N:CO’では6%から5%となった。遊離アミノ酸の合計は, 8月では‘竹蔗’の方が‘N:CO’より低い値を示すが, 11月では‘竹蔗’の方が‘N:CO’より高くなっている。キ

Table 1. Free amino acid content in the middle stalks of sugarcane.

	( $\mu$ mol/g fresh wt.)			
	'Chikusha'		'N : CO 310'	
	Aug	Nov	Aug	Nov
P-Ser	0.02	0.04	0.02	0.03
Urea	6.06	3.97	3.01	4.57
Asp	0.52	1.37	0.85	0.81
Thr	0.24	0.23	0.24	0.13
Ser	0.34	0.69	0.37	0.51
Asn	7.56	20.73	7.85	18.30
Glu	0.61	2.99	0.59	2.07
Gln	0.25	0.46	0.25	0.26
Pro	0.08	0.07	0.05	0.10
Gly	0.15	0.12	0.12	0.14
Ala	0.92	1.11	0.78	1.30
Val	0.31	—	0.38	—
Cys	0.04	0.05	0.06	—
Ileu	0.17	0.11	0.17	0.07
Leu	0.17	0.04	0.13	0.04
Tyr	0.10	0.05	0.09	0.04
Phe	0.05	0.02	0.03	0.01
$\alpha$ -Ala	0.03	0.02	0.03	0.03
$\gamma$ -ABA	0.61	0.60	0.57	0.90
NH <sub>3</sub>	10.34	31.64	15.10	25.60
Hyllys	0.01	0.26	—	0.19
Orn	0.01	—	0.01	—
Lys	0.14	0.06	0.01	0.03
1 ME-His	0.03	0.07	0.04	0.01
His	0.10	0.09	0.08	0.03
Arg	0.06	—	0.09	—
Total	28.92	64.79	30.79	55.17

Values are means of duplicate.

Table 2. Free amino acid content in the roots of sugarcane.

	( $\mu$ mol/g fresh wt.)			
	'Chikusha'		'N : CO 310'	
	Aug	Nov	Aug	Nov
P-Ser	0.06	0.02	0.03	0.01
Urea	4.74	4.56	10.82	2.09
Asp	0.71	0.12	1.03	0.24
Thr	0.26	0.07	0.29	0.09
Ser	0.51	0.31	0.56	0.50
Asn	10.15	2.53	9.61	3.11
Glu	0.20	0.15	0.31	0.20
Gln	0.24	0.12	0.03	0.09
Pro	0.30	0.13	0.18	—
Gly	0.15	0.05	0.17	0.04
Ala	1.04	0.63	1.23	1.02
Val	0.27	—	0.32	—
Cys	0.05	—	0.05	—
Ileu	0.15	0.06	0.14	0.07
Leu	0.17	0.07	0.20	0.09
Tyr	0.09	0.03	0.11	0.06
Phe	0.04	0.02	0.06	0.04
$\alpha$ -Ala	0.16	—	0.06	0.02
$\gamma$ -ABA	0.03	0.35	0.70	0.39
NH <sub>3</sub>	19.98	16.76	13.56	12.47
Hyllys	0.19	3.93	—	0.06
Orn	0.04	—	0.03	—
Lys	0.06	0.06	0.05	0.02
1 ME-His	0.01	—	—	—
His	0.16	0.02	0.09	0.04
Arg	0.02	—	0.06	—
Total	39.78	29.99	39.69	20.65

ウリでアンモニア態窒素の施肥量が増加すると、インベルターゼ活性が増大する<sup>(8)</sup>という報告があるが、'竹蔗'の方が'N:CO'よりもアミノ酸含量が多いために、ショ糖分解系の酵素活性が強くなり、生長が悪いことも考えられる。

Table 2に8月と11月の根の遊離アミノ酸組成を示した。根ではFig 3に示したように、8月に全遊離アミノ酸含量が最大となり11月に減少した。遊離アミノ酸の合計(アンモニアと尿素を除外)に対するアスパラギンの割合は、'竹蔗'で67%から29%に減少した。一方'N:CO'でも63%から51%に減少した。根は生長に必要な遊離アミノ酸を葉へ供給するものと考えられるが、ここでも11月には'竹蔗'の方が'N:CO'よりも含量が高かった。アスパラギンは重要なアミノ酸の貯蔵形態と考えられているが<sup>(9)</sup>、茎・根での含量を見るとこの考えを支持しているものと推定される。

Table 3に8月と11月の葉中部の遊離アミノ酸組成を示した。葉では、Fig 3でも示したように8月から11月まで増減をくり返し全体的に見て減少傾向にあった。'竹蔗'、'N:CO'とも遊離アミノ酸の合計に対するアスパラギンの割合は、'竹蔗'で3.4%から13.9%に、'N:CO'でも3.4%から15.9%に増大した。しかしながら、根・茎と比較すると著しくアラニンの割合が多く、11月の'竹蔗'で32%、'N:CO'では67%となった。葉は、茎と異なり遊離アミノ酸を最終的にプールする場所ではないため、茎とは異なりアミノ酸組成が違っていると考えられる。

Table 3 Free amino acid content in the middle leaves of sugarcane.

	'Chikusha'		'N:CO 310'	
	Aug	Nov.	Aug	Nov.
P-Ser	0.04	0.08	0.03	0.07
Urea	8.11	10.46	9.30	5.11
Asp	0.31	0.19	0.71	0.36
Thr	0.18	0.24	0.45	0.38
Ser	0.43	0.65	0.67	0.43
Asn	0.19	1.19	0.38	1.61
Glu	0.02	0.57	0.38	0.41
Gln	0.01	0.05	0.10	0.06
Pro	0.13	0.30	0.32	0.42
Gly	0.13	0.10	0.29	0.20
Ala	1.87	2.71	3.06	6.83
Val	0.35	—	0.73	—
Cys	0.06	—	0.08	—
Ileu	0.16	0.19	0.35	0.18
Leu	0.15	0.17	0.46	0.20
Tyr	0.16	0.14	0.31	0.17
Phe	0.14	0.10	0.38	—
$\alpha$ -Ala	0.01	0.09	0.10	0.17
$\gamma$ -ABA	0.97	0.60	1.81	—
NH <sub>3</sub>	11.69	58.74	21.87	76.72
Hylys	—	0.77	—	—
Orn	0.01	—	0.02	0.01
Lys	0.12	0.09	0.31	0.15
1 ME-His	0.02	0.06	0.03	—
His	0.06	0.04	0.14	0.06
Arg	0.10	—	0.20	—
Total	25.39	77.53	42.48	91.93

本研究を行うにあたり、サトウキビの栽培、管理をお願いした香川大学農学部 榎谷 勝 名誉教授、遊離アミノ酸の測定をしていただいた中小企業同友会 池田一夫氏、アミノ酸自動分析機使用に御便宜をいただいた四国農業試験場 山県 真人氏に感謝致します。

## 文 献

- (1) 松井年行：香川大農学術報告, 32, 135 (1981).
  - (2) 高橋 明：精糖技研誌, 22, 24 (1970).
  - (3) 新崎輝子・美野典子：栄食誌, 35, 363 (1982).
  - (4) Yemm, E. W., and Cocking, E. C.: *Analyst*, 80, 209 (1955).
  - (5) 松井年行：日食工誌, 27, 307 (1980).
  - (6) Chibnall, A. C., Mangan, J. L., and Rees, M. W.: *Biochem. J.*, 68, 111 (1958).
  - (7) 日立株式会社編：835型高速アミノ酸分析計取扱説明書, 56 (1984) 日立製作所 (東京).
  - (8) Matsumoto, H. Okamura, K. and Takahashi, E.: *Plant. Cell Physiol.*, 17, 867 (1976).
  - (9) 鈴木米三, 増田芳雄：植物生化学, 278 (1978), 理工学社 (東京).
- (1988年10月31日受理)