

ウメ枝葉中の全アミノ酸及び全炭水化物含量と 果実収量との関係

渡辺 毅¹・田辺賢治¹・福井博一²・中村三夫²

¹福井県園芸試験場 919-11 福井県美浜町

²岐阜大学農学部 501-11 岐阜市柳戸 1-1

Relation between Fruit Yield and Amino Acid and Carbohydrate Contents of
Leaves and Spurs of Japanese Apricot Tree

Takeshi WATANABE¹, Kenji TANABE¹, Hirokazu FUKUI² and Mitsuo NAKAMURA²

¹ Fukui Horticultural Experiment Station, Mihama, Fukui 919-11

² Faculty of Agriculture, Gifu University, Gifu 501-11

Summary

Seasonal changes in amino acids and carbohydrates levels in spurs and leaves of individual trees of different apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) cultivars were followed over a 12 month period. The levels of these reserve nutrients in the spurs and leaves after fruit harvest were compared with the yields of the individual trees.

1. Post-harvest amino acid contents in leaves and spurs, respectively, from Sep. to Nov. and from Oct. to Jan. correlated positively, whereas, carbohydrate contents in spurs during Jan. correlated negatively with crop yield.

2. Aspartic acid and proline contents in leaves reached maximum levels in June through July but thereafter decreased drastically. Arginine content in spurs increased rapidly from July and attained maximum level in October.

3. Aspartic acid, glutamic acid, and glycine in leaves made up about 10% of total amino acids, whereas, all other amino acids were less than 10%. All amino acid concentration in spurs were less than 10%, except for arginine, which was about 20%.

4. After apricots were harvested and while reserve nutrients were being stored, the levels of aspartic acid in leaves and arginine in spurs were higher in high-yielding trees than they were in low-yielding trees.

It is, therefore, considered that these two amino acids are the key to diagnosing the nutritional status of trees for nitrogen.

緒 言

ウメは、開花・展葉から収穫までの期間が短く、果実の発育及び収量は前年の貯蔵養分に大きく影響されるといわれている(5)。一般に果樹の貯蔵養分としては炭水化物やタンパク質などの窒素化合物が挙げられ、ウメにおいてもこれらが重要な役割を果たしているものと考えられる。しかし、樹体内でのこれらの貯蔵養分、特に窒素化合物に関してはその形態や挙動が未解

明である部分が多い。貯蔵養分としての窒素化合物の代謝に関しては他の樹種では多くの報告があり(1, 8, 14, 15, 17-21)、特に Kato ら(9)や、久保田ら(12)がウンシュウミカンの遊離アミノ酸組成について詳しく検討し、アルギニンやプロリンなどが貯蔵形態として特異的な役割を演じていると報告している。

貯蔵養分蓄積期間中の炭水化物や窒素化合物の変化を明らかにすることによって樹体の栄養診断や収量予測が可能になると考えられ、本研究においては、貯蔵養分蓄積期間中における枝葉中の全炭水化物及びタン

パク質構成アミノ酸(全アミノ酸)含量と果実収量との関係について検討するとともに、多収樹と低収樹の全アミノ酸の組成や時期的変動を比較した。

材料及び方法

土壌条件や気象条件がほぼ同一である福井県三方町西部地区に植栽されている10～45年生の‘紅サン’8樹を供試し、1986年5月から1987年3月にかけて葉及び10 cm 前後の短果枝を採取し、風乾後分析に供した。収量調査は1987年6月下旬に行ったが、供試樹の大きさにかなりの差があったため、樹冠容積1 m³当たりの収量に換算して各樹の収量とした。

枝葉の分析法については、全炭水化物は、吉野らの方法(22)により、0.7 N-HCl で加水分解後、ソモジー法により定量した。また全アミノ酸は、Waters 社製加水分解装置を使用し、試料を直接6 N-HCl で150℃、1時間加水分解を行った後、誘導化剤としてフェニルイソチオシアネイト(PITC)を用い、PTC-アミノ酸とし、Waters 社製高速液体クロマトグラフィーアミノ酸分析システムで遊離アミノ酸を含む全てのタンパク質構成アミノ酸を定量した。分析条件としては、カラム温度は38℃、注入量は10 μl とし、溶離液はA: Buffer, B: アセトニトリル/H₂O=60/40を用い、流

Table 1. Fruit yield of individual Japanese apricot trees.

Tree and cultivar	Canopy volume (m ³)	Yield/tree (kg)	Fruit yield (No./m ³)	Average fruit weight(g)	Fruit yield (g/m ³)
Narude A	52.5	36	35	20.1	686
Narude B	152.3	178	54	21.6	1169
Narude C	146.0	103	26	27.2	705
Kouchi A	56.1	41	34	21.4	731
Kouchi B	127.4	102	31	25.9	801
Umiyama A	183.9	109	22	27.0	593
Yuushi A	98.1	50	18	28.5	509
Mukasa A	109.9	60	22	24.8	546

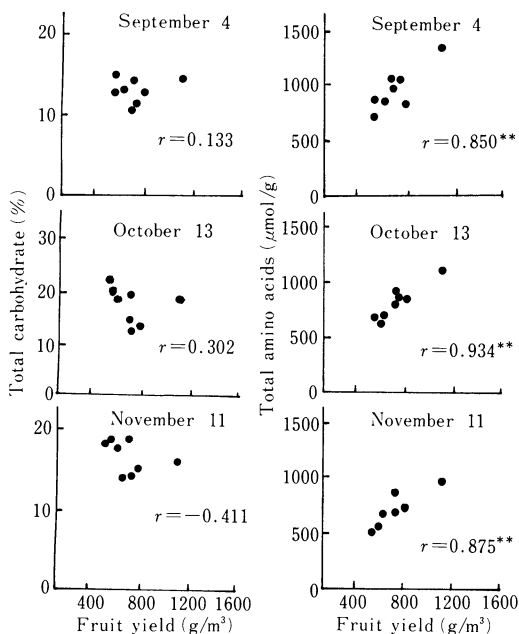


Fig. 1. Relationship between total carbohydrate and amino acid contents in leaves and yield of individual Japanese apricot trees.

** Significant at 0.01 level of probability.

速1～1.5 ml/min、分析時間25分でグラジエント分析を行った。なお、含硫アミノ酸であるシスチンとメチオニンは、加水分解に不安定なため正確な結果が得られなかったことを記しておく。

結 果

1. 貯蔵養分蓄積期間中の全炭水化物及び全アミノ酸含量と果実収量との相関関係

収量調査の結果は、第1表に示すように供試樹間で差が大きく、最も高かったのは‘成出B’ (Narude B) の1169 g/m³であり、最も低かったのは‘遊子A’ (Yuushi A) の509 g/m³であった。これらの各樹の果実収量と、前年の9月から落葉期の11月までの、葉中の全炭水化物及び全アミノ酸含量との関係を第1図に示した。全炭水化物と果実収量との関係は各時期とも有意な関係が認められなかったが、全アミノ酸との関係では9月が0.850、10月が0.934、11月が0.875といずれも1%水準で正の有意な相関関係が認められた。

短果枝中の全炭水化物及び全アミノ酸含量との関係についてみると、第2図に示すように全炭水化物では9月、10月に正の関係が伺われたが、1月になると-0.749と負の有意な関係がみられた。また全アミノ酸

については10月、1月には0.708、0.710と5%水準で有意な正の相関関係が認められ、11月も正の関係であった。

2. 多収樹群と低収樹群のアミノ酸組成

1. の結果、全アミノ酸含量と果実収量との間には高い相関がみられたため、供試樹を多収樹群(収量の高かった上位4樹)と低収樹群(収量の低かった下位4樹)に分け、それぞれの全アミノ酸の組成を葉、短果枝いずれとも相関関係の高かった10月の分析値と比較した。

その結果、第2表に示すように、多収樹群、低収樹

群とも、葉ではアスパラギン酸、グルタミン酸、グリシンの順で割合が高く、次いでアラニン、ロイシン、プロリンなどが高い割合を示した。一方短果枝ではアルギニンが20%以上と極めて高い割合を示し、アスパラギン酸やグルタミン酸も8~9%で比較的高い割合であった。これに対してヒスチジンやチロシン、メチオニン、シスチンは、葉、短果枝とも4%以下であった。多収樹群と低収樹群の比較では、両者間に大きな差は認められなかったが、多収樹群の方が葉ではアラニンやバリンが、短果枝ではアスパラギン酸やロイシンの占める割合がわずかに高かった。

貯蔵養分蓄積期間中の全アミノ酸含量と果実収量との間には高い相関がみられたので、多収樹と低収樹との差をより明らかにするために、第1表で最も果実収量の高かった供試樹成出Bと最も果実収量の低い供試樹遊子Aの2樹について、枝葉中の全アミノ酸及び主要なアミノ酸の消長を比較した。

第3図に示すように、葉の全アミノ酸は展葉後徐々に高まり、それ以降漸減するのに対し、短果枝は葉とは逆の傾向を示し、5月から7月の果実肥大期には低い値を示し、収穫後の秋冬季にかけて増加した。種類別にみると、葉のアスパラギン酸やプロリンは、6~7月にピークがみられた後、急激に低下するのに対し、それ以外のアミノ酸は低収樹では6月に、多収樹では9月にピークがみられ、その後ゆるやかに減少する傾向があった。短果枝については、大部分のアミノ酸は全アミノ酸と同様の推移をし、急激な変化をするものは少なかったが、アルギニンだけは7月以降急激に高まって10月にピークがみられ、それ以降減少傾向を示したのが特徴的であった。

多収樹と低収樹の比較では、アスパラギン酸、グルタミン酸、アルギニン、スレオニン、アラニン、バリン、イソロイシン、ロイシン、リジンなどは多収樹の方が各時期を通じて枝葉とも高く推移する傾向があり、中でもアルギニン、アラニン、イソロイシン、ロイシン、リジンなどは貯蔵養分蓄積期間中に短果枝でその差が大きかった。また、葉においても、アスパラギン酸やプロリン以外のアミノ酸は、低収樹では、6月にピークがみられた後、落葉期まで減少していくのに対し、多収樹の方は6月以降上昇し、9月にピークを示したことから、7月から10月にかけて多収樹と低収樹の差が大きかった。

考 察

本研究では、貯蔵養分と果実収量との関係を栄養診

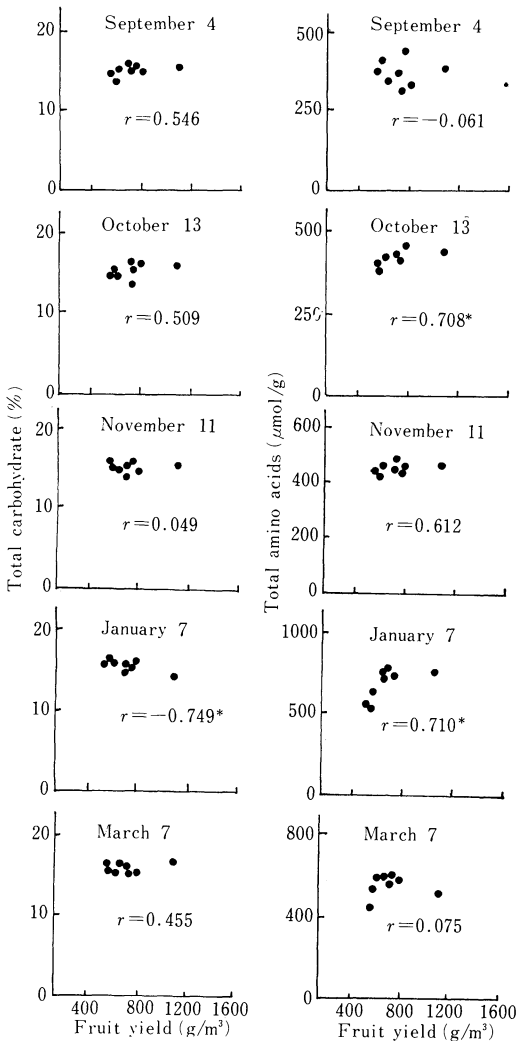


Fig. 2. Relationship between total carbohydrate and amino acid contents in spurs and yield of individual Japanese apricot trees.

* Significant at 0.05 level of probability.

Table 2. Composition of amino acids in the trees of high- and low-yield group (%).

Amino acid	Leaf		Spur	
	High yield group	Low yield group	High yield group	Low yield group
Aspartic acid	10.9	11.8	9.2	8.2
Glutamic acid	10.4	10.5	8.7	9.0
Serine	6.6	6.3	5.5	5.5
Glycine	9.7	9.9	7.7	7.9
Histidine	2.5	2.3	2.2	2.4
Arginine	5.8	5.7	20.8	21.1
Threonine	4.4	4.4	3.9	3.9
Alanine	8.9	8.3	7.1	6.7
Proline	6.4	7.5	6.4	6.6
Tyrosine	3.2	3.3	2.1	2.5
Valine	6.3	5.8	5.2	5.1
Methionine	1.5	1.6	1.1	1.4
Cystine	0.2	0.2	0.1	0.1
Isoleucine	4.3	3.9	3.4	3.3
Leucine	8.7	8.5	6.9	6.3
Phenylalanine	4.6	5.0	5.3	5.7
Lysine	5.3	5.2	4.8	4.4

断的な観点から検討するために、比較的サンプリングしやすい葉や短果枝について、貯蔵形態とされている希酸加水分解炭水化物及び全アミノ酸含量と果実収量との関係についてまず調べた。

炭水化物については、葉では各時期とも収量との関係は明らかでなく、短果枝についても1月に負の有意な関係がみられるだけであった。葉で合成されたデンプンなどの炭水化物は糖の形態で比較的太い枝や根に移行し、特に生育が良好で収量の高い樹では休眠明けの1月頃になると、短果枝での蓄積が行われず、むしろ他の器官への転流やタンパク質へのとり込みが盛んになる(4)と言われている。したがって、枝葉での光合成によって生成された炭水化物は枝葉にとどまることなく樹幹部に転流・蓄積されたものと考えられた。

全アミノ酸と果実収量との関係をみると、葉では9月、10月、11月とも1%水準で、また短果枝でも10月と1月に5%水準で有意な正の関係が認められ、11月も正の関係がみられた。このことについては、根から吸収された無機態窒素は、細根中で硝酸還元酵素によって同化され、有機態窒素に変化して葉や短果枝に移行したり、直接葉で有機化されて一時的に葉に蓄積された(13)後、タンパク質、アミノ酸の合成、分解をくり返し、分解物は主としてアミドやアミノ酸の形態で太い枝や根など他の器官へ転流していく(11)ものと考えられた。この場合に、Hillら(6)によると、特に葉

における貯蔵窒素は、窒素の施用時期と密接な関係があり、夏施用の場合には葉の貯蔵窒素含量が高まると報告している。このことから本研究における多収樹群では、前年の果実収穫後の礼肥あるいはそれ以降の貯蔵養分合成期の施用割合が高かったために9月から11月にかけて葉の貯蔵窒素が増加したものと推察され、そのことが翌年の果実収量に大きく影響したものと考えられた。

このような根や葉における窒素の有機化の過程で炭水化物が使われるが、本実験の1月における全炭水化物と全アミノ酸が、果実収量との関係において逆の相関を示したことから、多収樹では低収樹に比べ、短果枝中でも窒素の有機化が盛んになり、それに伴って炭水化物が減少したのと考えられ、この時期が樹体内貯蔵養分の一つの質的変換の時期でもあることが推察された。

全アミノ酸の組成をみると、葉ではアスパラギン酸、グルタミン酸、グリシンなどが10%前後で組成割合が比較的高く、短果枝では大部分は10%以下であったが、アルギニンだけは20%以上を占めているのが特徴的であった。これらの比較的組成割合の高いアミノ酸について、5月から翌年3月までの消長を検討したところ、大部分のアミノ酸は時期的な変動が小さかったのに対し、葉のアスパラギン酸やプロリンは6～7月にピークがみられた後急激に低下し、また短果枝のアルギニ

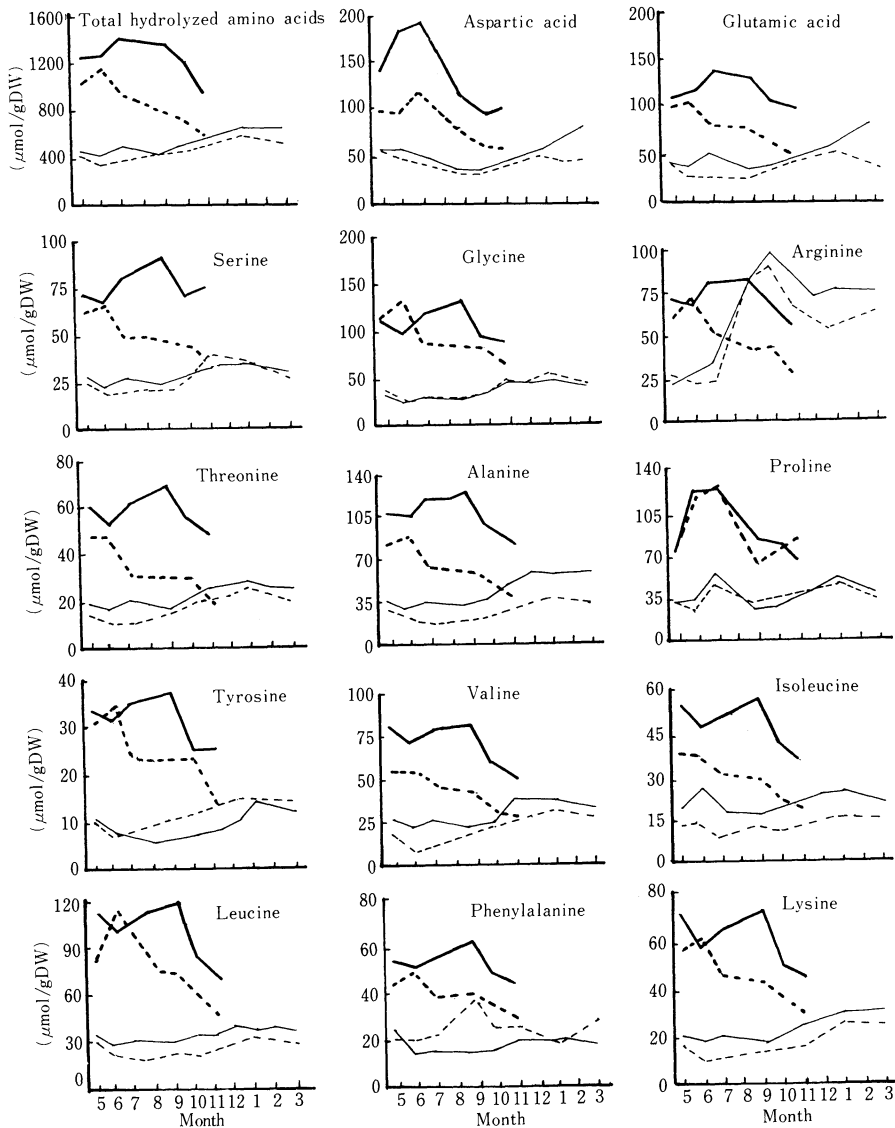


Fig. 3. Seasonal changes of total hydrolyzed and individual amino acids in leaves and spurs of high- and low-yielding Japanese apricot trees.

— Leaves of high-yielding trees.
 - - - Leaves of low-yielding trees.
 — Spurs of high-yielding trees.
 - - - Spurs of low-yielding trees.

ンは逆に7月以降急激に高まって10月にピークを示し、それ以降減少していくという特異的な消長であった。このようなアミノ酸の生育段階による変動の要因については、他器官からの流入あるいは他器官への流出、他のアミノ酸との相互変換及びタンパク質などの合成

素材としての利用などが考えられている(13)。特にアミノ酸の他器官への移行や貯蔵に関して、久保田ら(13)はウンシュウミカンの動向を詳細に調べることで、各種のアミノ酸の中でセリン、プロリン、アルギニン、アスパラギン酸などは他の器官への移行形態であると

同時に、細根中での貯蔵形態であるとしている。さらにアルギニンについては加藤ら(10)は皮質部及び木質部で吸収され、そのままの形態で新梢に移動し、タンパク質に合成利用されたとも報告している。また Bollard ら(2, 3, 6)は、リンゴの樹体内での主要な貯蔵形態はアスパラギン酸、グルタミン酸、アルギニンであるとし、Okennedy ら(16)もアルギニンに富んだ貯蔵タンパク質の蓄積を明らかにしている(19)。ウメについても、6, 7月に葉のアスパラギン酸やプロリンがアルギニンに変換し、そのために短果枝内にアルギニンが多量に蓄積したとも考えられ、収穫期の6, 7月を境にして葉や短果枝のアミノ酸組成が大きく変わるということから、他の樹種と同様にアスパラギン酸やプロリン、アルギニンなどのアミノ酸が移行、貯蔵形態として窒素代謝の重要な役割を演じていることが推察された。

ウメの窒素の栄養状態を判定する指標として特定のアミノ酸を利用することの可否を検討するために、比較的時期的変動の大きい数種のアミノ酸について多収樹と低収樹を比較したところ、プロリンは両者間で差は小さかったが、アスパラギン酸やアルギニンは貯蔵養分蓄積期間中の各時期を通じて多収樹の方が高く推移した。久保田ら(12)はウンシュウミカンの窒素の栄養状態の判定指標として葉、細根中のアルギニン、セリン、アスパラギン酸、プロリンが有効であるとしており、磯田(7)はブドウのデラウェアでは葉柄のグルタミンやアスパラギンが診断の指標になるとしている。本研究からウメにおいては量的にも多く、また多収樹と低収樹で含有量の差の大きい貯蔵養分蓄積期間中の葉のアスパラギン酸や短果枝のアルギニンが窒素の栄養診断の指標物質になり得るのではないかと推察された。

摘 要

ウメの栄養診断や収量予測の一手段とする目的で、貯蔵養分蓄積期間中における葉及び短果枝中の全炭水化物や全アミノ酸含量と果実収量との関係を検討するとともに、多収樹と低収樹の主要なアミノ酸含量の時期的変化を比較した。

1. 9月から11月の葉や、10月から1月にかけての短果枝中の全アミノ酸含量と収量との間には正の相関がみられ、1月の短果枝中の全炭水化物とは負の関係であった。

2. 枝葉中の主要なアミノ酸含量の推移をみると、大部分のアミノ酸は年間を通じて大きな変化はみられ

なかったが、葉のアスパラギン酸やプロリンは6, 7月にピークがみられた後、急激に低下するのに対し、短果枝のアルギニンは7月以降急激に高まり、10月に最高に達した。

3. 全アミノ酸の組成をみると、葉ではアスパラギン酸、グルタミン酸、グリシンが10%前後で比較的高く、また短果枝では大部分が10%以下であったが、アルギニンだけは20%以上を占めていた。

4. 多収樹は低収樹に比べ、貯蔵養分蓄積期間中の葉のアスパラギン酸含量や短果枝のアルギニン含量が高かったことから、これらのアミノ酸が窒素の栄養診断の一つの指標物質になり得るものと推察された。

引用文献

1. BAXTER, P. 1965. A simple and rapid test, using the ninhydrin method, for the determination of the nitrogen status of fruit trees. J. Hort. Sci. 40: 1-12.
2. BOLLARD, E. G. 1953. Nitrogen metabolism of apple trees. Nature 171: 571-572.
3. BOLLARD, E. G. 1957. Composition of the nitrogen fraction of apple tracheal sap. Aust. J. Biol. Sci. 10: 279-283.
4. 福居幸治・前田 知. 1966. ウメ樹体の栄養生理とその管理. 農及園. 41: 1195-1198.
5. 長谷部秀明. 1980. ウメの品種と栽培. p. 107-109. 農文協. 東京.
6. HILL-COTTINGHAM, D. G. and E. G. BOLLARD. 1965. Chemical changes in apple tissues following applications of fertilizer nitrogen. N. Z. J. Agr. Res. 8: 778-787.
7. 磯田竜三. 1962. ブドウの窒素栄養診断の指標としての葉柄内アミノ酸. 園学雑. 31: 123-126.
8. KANG, S. M. and J. S. TITUS. 1980. Qualitative and quantitative change in nitrogenous compounds in senescing leaf and bark tissues of the apple. Physiol. Plant. 50: 285-290.
9. KATO, T., M. YAMAGATA and S. TSUKAHARA. 1984. Seasonal variations in major nitrogenous components in buds, leaves, bark and wood of satsuma mandarin trees. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 53: 17-22.
10. KATO, T., M. YAMAGATA and S. TSUKAHARA. 1985. Metabolism of arginin- ϵ - $^{15}\text{N}_2$, urea- $^{15}\text{N}_2$ and ammonium- $^{15}\text{N}_2$ in citrus trees (*Citrus unshiu* Marc.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 54: 26-32.
11. 久保田収治. 1982. 栄養生理と診断. p. 128-137. 千葉 勉編著. 果樹園の土壌管理と施肥技術. 博友社. 東京.
12. 久保田収治・福井春雄・赤尾勝一郎. 1974. 温州ミカンの窒素代謝に関する研究. 第2報. 生

- 育段階および窒素栄養と遊離アミノ酸組成. 四国農試報. 28:133-148.
13. 久保田収治・元山栄一. 1972. 温州ミカンの窒素代謝に関する研究. 第1報. 葉と果汁中遊離アミノ酸濃度の日中変動. 四国農試報. 25: 83-91.
 14. 松井弘之・足立浩代・湯田英二・中川昌一. 1987. 果樹の葉及び枝梢中のタンパク質, アミノ酸含量の季節的消長. 園学要旨. 昭62春: 82-83.
 15. 望月武雄. 1962. りんごを中心とした果樹の栄養生理. 土肥誌. 33: 352-364.
 16. OKENNEDY, B. and J. S. TITUS. 1979. Isolation and mobilization of storage proteins from apple shoot bark. *Physiol. Plant.* 45: 419-424.
 17. OLAND, K. and E. W. YEMM. 1956. Nitrogenous reserves of apple trees. *Nature* 178: 219.
 18. 鈴木建夫. 1983. 木本植物の生長と窒素の貯蔵・転流形態. *化学と生物* 21: 496-498.
 19. TROMP, J. and J. C. OVAA. 1973. Spring mobilization of protein nitrogen in apple bark. *Physiol. Plant.* 29: 1-5.
 20. TITUS, J. S. and S. M. KANG. 1982. Nitrogen metabolism, translocation and recycling in apple trees. *Hort. Rev.* 4: 204-246.
 21. WALLACE, A., Z. I. ZIDAN, R. T. MUELLER and C. P. North. 1954. Translocation of nitrogen in citrus trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64: 87-104.
 22. 吉野 実. 1975. 炭水化物の分別定量法. p. 328-335. 作物分析法委員会編, 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 養賢堂. 東京.