

温州ミカンの栄養生理に関する研究

VII 窒素施用濃度と6年継続砂耕樹の生長および養分吸収

井上 宏, 磯辺 淳二

STUDIES ON THE NUTRITION OF SATSUMA MANDARIN

VII Growth and mineral absorption of young trees as related to the concentration of nitrogen in sand culture for six years

Hiroshi INOUE and Junji ISOBE

Young satsuma mandarin trees on trifoliolate orange rootstock were grown in sand culture for six years, with differential nitrogen feeding. Nitrogen in nutrient solutions was adjusted 6 levels from 0 to 160 ppm with ammonium sulfate while phosphoric acid and potassium were maintained in 40 ppm.

1. Twenty to 40 ppm of nitrogen application resulted in higher tree growth and fruit yield as compared with the other treatments. Nitrogen contents of spring leaves showed a yearly decrease.
2. The absorbed amounts of nitrogen of leaf, shoot, trunk, large root and fine root increased in proportion to the concentration in the nutrient solution. The amounts of P, K, Ca and Mg were most influenced by the amounts of tree growth, and those were the highest at the concentration of 20 or 40 ppm.
3. From the results mentioned above, the optimum leaf contents in August were about 3.0% of N, 0.20% of P and 1.7% of K in dry weight basis.

樹勢のそろったカラタチ台杉山系温州ミカン7年生結実樹を窒素施用濃度を変えて6年継続砂耕し、樹体の生長と果実収量の年次変化を観察するとともに、最終年度に掘り上げて、樹体各部に含まれる肥料成分含有量から窒素の施用が樹体の養分吸収に及ぼす影響を観察した。

1. 窒素施用濃度が20~40 ppmの範囲で、栄養・生殖両生長ともに優れたが、それより高濃度でも低濃度でも樹勢は次第に衰え、結実は著しく悪くなった。樹令が進むにしたがい、毎年8月の葉内N含有率は次第に低下した。
2. 窒素施用濃度の増加に伴い、Nの樹体内の含有量は増すが、P, K, Ca および Mg はいずれも樹体の生長の旺盛であった20~40 ppm区で含有量が多かった。
3. 以上の結果から、樹勢の維持と果実収量の両面から考えて最適の葉内含有率(対乾物)はN 3.0%, P 0.20%, K 1.7%であった。

緒 言

著者の一人井上^(3,4)は、温州ミカンの栄養生理の研究の手段として、川砂を用いた砂耕栽培の1年生苗木を供試し、砂耕液の窒素濃度が栄養生長に及ぼす影響を観察したところ、リン酸およびカリ濃度を40 ppmに維持すると、窒素濃度は40~80 ppmが最適であった。さらに、ようやく結実を始めた4年生樹を5年間0, 80, 160 ppmの窒素濃度で砂耕を行い、160 ppmと0 ppm区で次第に樹勢が衰え、収量も低下して、4年次には着果がほとんどみられなくなったことを報告した^(1,2)。

今回の実験は、7年生樹で施用濃度の段階を多くして、栄養・生殖両作用に及ぼす窒素の影響を砂耕法で検討した。すなわち、各施用濃度区における樹体の生育や結実量の6年間の年次変化の観察とともに、最終年度の掘り上げ調査により、累年の窒素の過不足が樹体各部の肥料要素吸収に及ぼす影響を観察した。

実験材料および方法

本実験は香川大学農学部構内の研究ほ場において花こう岩の川砂を満した円筒形コンクリートポット（内径 50 cm, 深さ 50 cm）に栽植したカラタチ台杉山系温州ミカン7年生樹を用いて1971年から窒素処理を行った。本供試樹は1969年春に定植し、2年間窒素、リン酸、カリのそれぞれ 40 ppm の砂耕液で一様に栽培した。窒素処理を開始した1971年から1976年までの間は3月上旬に幹周、12月上旬に果実収量の測定を行った。毎年8月1日には無着果枝の春葉を採って N, P, K を分析・定量した。1976年の果実については、果皮と果肉に分けて無機成分を分析した。1977年3月中旬から下旬にかけて、樹冠容積や幹周（接木部より 5 cm 上）などを測定した後、掘り上げて、解体した。地上部は主幹、大枝（直径 2 cm 以上）、中枝（1~2 cm）、小枝（1 cm 未満）、2年生枝、1年生枝、旧葉、新葉に、地下部は根幹、大根（1 cm 以上）、中根（0.5~1 cm）、小根（0.2~0.5 cm）、細根（0.2 cm 未満）に分けて、それぞれの生体重を測定した後、一部をとって直ちに乾燥し、乾物率を求めた。乾物試料は粉碎して、無機成分の分析・定量に供した。樹体各部の乾物重と無機成分含有率から、各部の各成分の含有量を算出した。

処理区は第1表のとおりで、1区4樹を供試したが、掘り上げ調査は各区2樹について行った。砂耕液は第1表に示す濃度に各肥料を水道水に溶して作成し、毎年4月1日から11月30日まで週3回、隔日に1鉢 10 l ずつ施用した。窒素濃度の6段階（0~160 ppm）の外に、水道水のみは無肥料区も設定した。リン酸およびカリの施用濃度はいずれも 40 ppm とした。要素源は窒素には硫酸アンモニア、リン酸には過リン酸石灰、カリには硫酸カリを用いた。なお、マグネシウムは硫酸マグネシウムで、ほう素はホウ酸で適宜施用し、それぞれの欠乏症発生を防止した。砂耕液の pH は 6.5~6.6 の範囲にあった。なお、12月から3月の期間は各区とも水道水のみを施用した。

無機成分の定量法は次のとおりである。

N: セミ・マイクロケルダール法

P: リン・モリブデン青試薬を用いる分光光度計法（塩酸系）

K: 炎光度計法

Ca, Mg: 原子吸光分光分析法

供試樹の栽培管理は一般の慣行に従ったが、せん定は最少限に止め、枯枝を除く程度とした。また、摘果は行わなかった。

結 果

1. 樹冠容積および幹周

実験終了時の樹冠容積および幹周は第2表のとおりである。すなわち、樹冠容積は 20 ppm 区で最大で、10 ppm 区および 40 ppm 区が続き、160 ppm 区、0 ppm 区では劣ったが、無肥料区はさらに劣った。幹周でも 20 ppm 区が最大で、40 ppm 区がこれに次ぎ、160 ppm 区が最も劣った。なお、窒素処理開始の1971年からの幹周増加曲線は第1図のとおりで、処理3年目から 20 ppm 区が最も優り、40 ppm 区がそれに続いた。

第1表 砂耕液の組成

処理区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
ppm	ppm	ppm	ppm
160	160	40	40
80	80	40	40
40	40	40	40
20	20	40	40
10	10	40	40
0	0	40	40
無肥料	0	0	0

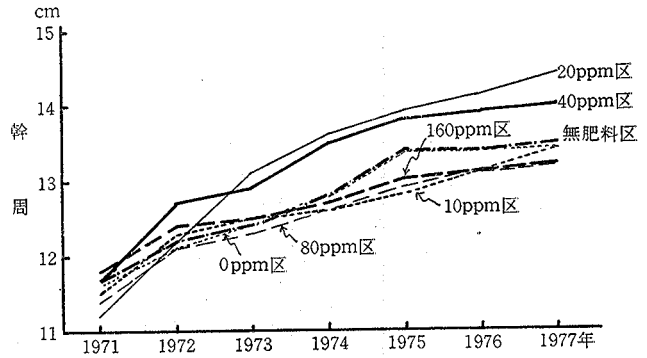
第2表 樹冠容積と幹周

ppm	樹冠容積	幹周
	cm ³	cm
160	7,292.3	13.2
80	7,675.2	13.4
40	9,457.0	14.0
20	11,156.6	14.6
10	10,340.4	13.4
0	7,136.4	13.4
無肥料	6,251.0	13.5

注) 1977年3月測定

2. 新梢伸長量

砂耕最終年度の新梢生長量は第3表のとおりである。新梢の発生本数は40 ppm区で最も多く、次いで80 ppm区で多かったが、0 ppm区と無肥料区では著しく少なかった。1樹あたりの新梢の全伸長量は20 ppm区が最大で、次いで40 ppm区、10 ppm区で、0 ppm区と無肥料区が著しく小さかった。新梢重も伸長量とはほぼ同じ傾向を示したが、10 ppm区と20 ppm区で最も重く、0 ppm区と無肥料区は著しく劣った。新梢1本あたりの長さおよび重量からみても、20 ppm区と10 ppm区が優った。ただし、新梢の単位長さあたりの重量では果実の着生がみられなかった10 ppm区で最大であった。



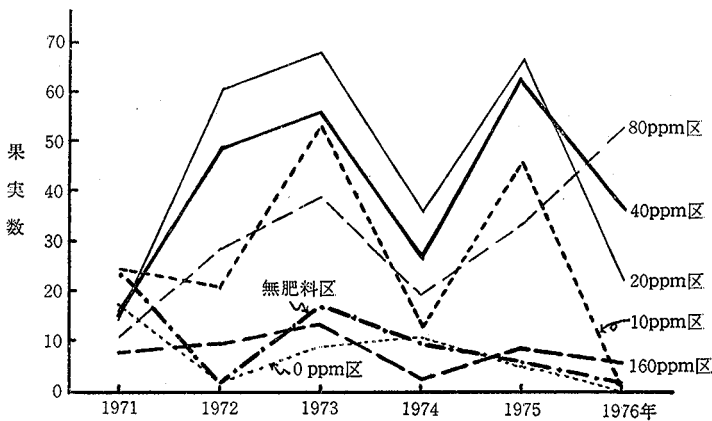
第1図 幹周増加曲線

第3表 新梢の生長量

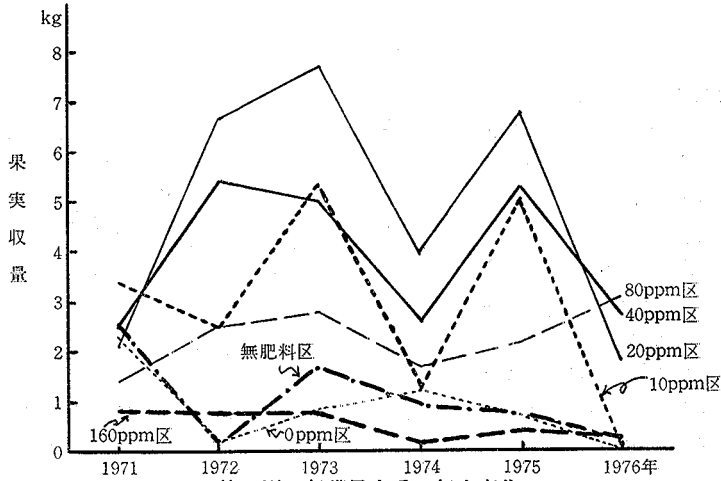
処理区	新梢数	新梢全伸長量	新梢重	新梢1本あたり		新梢1cmあたり重量
				長さ	重量	
ppm		cm	g	cm	g	g
160	411	1,894.2	134.8	4.61	0.33	0.07
80	431	1,370.7	79.0	3.18	0.18	0.06
40	627	2,194.6	147.3	3.50	0.23	0.07
20	398	2,446.7	202.0	6.15	0.51	0.08
10	419	2,152.9	205.0	5.14	0.49	0.10
0	175	825.8	66.0	4.72	0.38	0.08
無肥料	145	596.2	36.8	4.11	0.25	0.06

3. 果実収量の年次変化

窒素処理を開始した1971年より6年間にわたる収穫果実数および果実重量の年次変化は第2, 3図のとおりである。摘果をまったく行わなかったために隔年結果の現象を強く呈したが、平均して20 ppm区と40 ppm区が果実数、重量ともに多かった。1976年度は10 ppm区と0 ppm区で果実収量が皆無であった。6年間の累積収量では20 ppm区



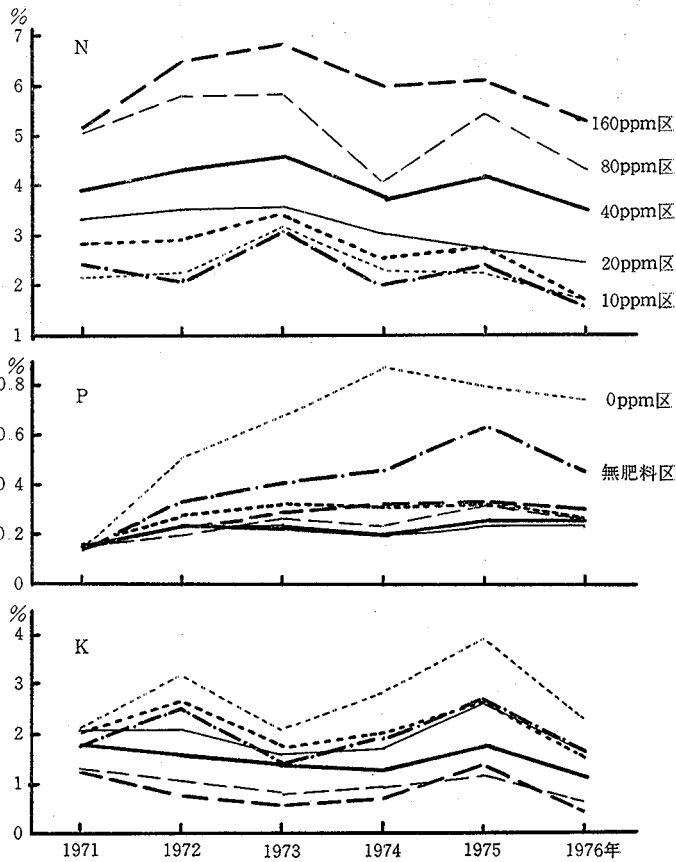
第2図 収穫果実数の年次変化



29.3kg, 40 ppm 区 23.8kg, 10 ppm 区 17.6kg, 80 ppm 区 13.6kg, 無肥料区 6.3kg, 0 ppm 区 5.4kg, 160 ppm 区 3.4kg となった。

4. 葉内 N, P, K 含有率の年次変化

毎年8月1日に採葉し、分析・定量した葉内 N, P, K 含有率の年次変化は第4図のとおりである。窒素の施用濃



度が高くなるほど葉内 N 含有率は高く、低濃度区では低く推移したが、同じ区でみると砂耕 3 年目までは次第に含有率が高くなり、以後は次第に低くなった。全体を通して N の含有率の変化曲線に 1973 年と 1975 年の二つの山が認められたが、これは前項の果実収量の山と類似し、収量の多い年には葉内 N 含有率が若干 8 月の時点で高くなる傾向を示した。

P 含有率の年次変化を見ると、初年度はほとんど区間の差はなかったが、2 年度から次第に無窒素の 2 区で含有率が高くなり、とくに 0 ppm 区では 4 年目に 0.8% 以上と著しい P の吸収を示した。20 ppm 区と 40 ppm 区ではほとんど年次で変わらず、0.20~0.25% の範囲にあった。

K 含有率の年次変化は初年度から区間に差がみられ、年次が進むにしたがってその差が大きくなる傾向がみられた。すなわち、160 ppm 区と 80 ppm 区で K 含有率は著しく少なく、0 ppm 区で著しく高かったが、その他の区では 2% 前後の数値を示した。全体からみて、1972 年と 1975 年に曲線の山がみられた。

5. 掘り上げ時の樹体各部の生体重

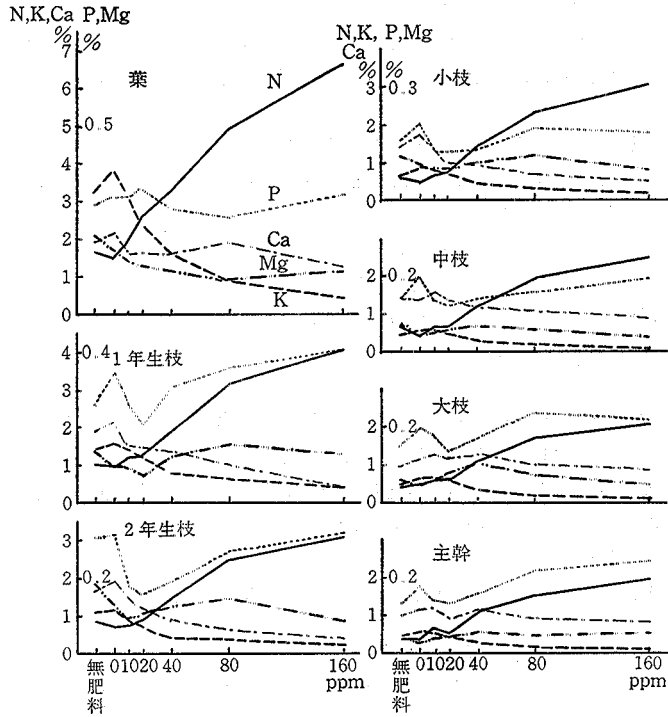
掘り上げ時の樹体各部の生体重は第 4 表のとおりである。各部の生体重の最大値はほとんど 40 ppm 区であり、次いで 20 ppm 区であった。最小値は無肥料区でみられ、次いで劣ったのは 0 ppm 区であった。砂耕最終年度には 0 ppm 区と 10 ppm 区で着果がみられなかったが、地上部の合計重量は 0 ppm 区で著しく劣った。果実収量は 80 ppm 区で最大であったが、果実を含めた地上部重量では 40 ppm 区が最大で、80 ppm 区と 20 ppm 区が優った。地下部の合計重量でも 40 ppm 区が最大であり、とくに細根量が多かった。全生体重でも 40 ppm 区が最大であり、20 ppm 区も優った。無肥料区は最も劣ったが、0 ppm 区も劣った。この傾向は果実重を除いても変らなかった。

第 4 表 掘り上げ時の樹体各部の生体重 (g)

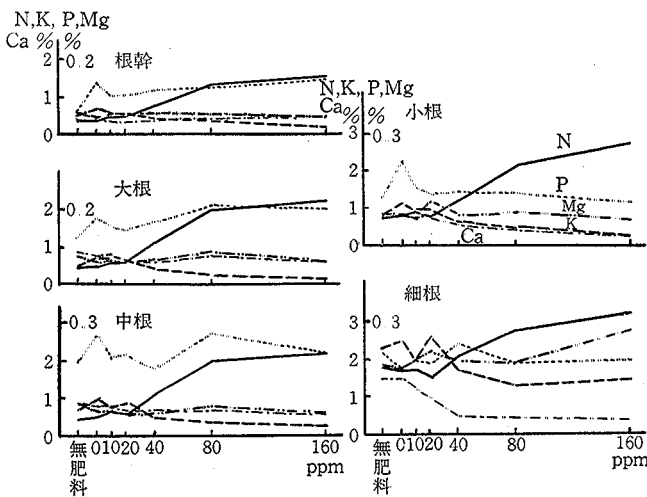
	無肥料	0	10	20	40	80	160 ppm
葉	193.4	202.0	696.3	778.5	1,020.3	606.9	789.4
1 年生枝	36.8	66.0	205.0	202.0	147.3	79.0	134.8
2 年生枝	35.8	37.0	144.0	240.8	304.5	183.5	144.3
小 枝	168.8	115.8	274.0	243.8	336.8	292.3	199.3
中 枝	411.8	519.5	826.3	911.5	985.3	647.0	538.0
大 枝	302.5	330.3	506.5	931.8	426.8	560.3	539.3
主 幹	619.0	440.0	598.3	707.5	520.0	421.5	479.3
果 実	194.4	0	0	1,813.2	2,715.8	3,070.6	241.2
地上部計	1,962.5	1,710.6	3,250.4	5,829.1	6,456.8	5,861.1	3,062.6
根 幹	314.3	319.5	516.5	564.8	791.5	367.5	577.8
大 根	49.0	208.5	300.0	493.8	450.0	324.5	295.3
中 根	111.5	159.3	265.8	368.0	424.5	276.3	250.3
小 根	149.3	224.3	385.0	540.8	638.0	484.3	459.3
細 根	501.5	839.8	1,471.0	1,821.5	1,970.0	1,104.3	1,248.5
地下部計	1,125.6	1,751.4	2,938.3	3,788.9	4,274.0	2,556.9	2,831.2
全体体重	3,088.1	3,462.0	6,188.7	9,618.0	10,730.8	8,418.0	5,893.8

6. 掘り上げ時の樹体各部の無機成分含有率

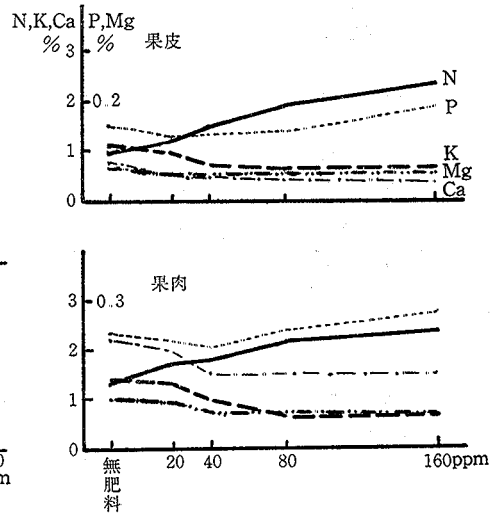
掘り上げ時の地上部、地下部および果実の N, P, K, Ca および Mg の含有率は第 5~7 図のとおりである。すべての部位において窒素施用濃度が増すほど N 含有率が増大したが、この傾向は組織が若いほど著しかった。すなわち、地上部においては葉や 1 年生枝で、地下部では細根や小根において著しかった。P 含有率は 0 ppm 区で高く、10 ppm 区、20 ppm 区と低くなるが、窒素の施用濃度がさらに高くなると地上部、地下部とも含有率が増大する傾向がみられた。K 含有率は窒素施用濃度の増加に伴い、すべての部位において著しく減少した。Ca 含有率も K のそれとほぼ同じ傾向を示した。Mg ではほとんどの部位で 40~80 ppm 区が含有率の高い傾向を示したが、細根では窒素の施



第5図 地上部各部の無機成分含有率



第6図 地下部各部の無機成分含有率

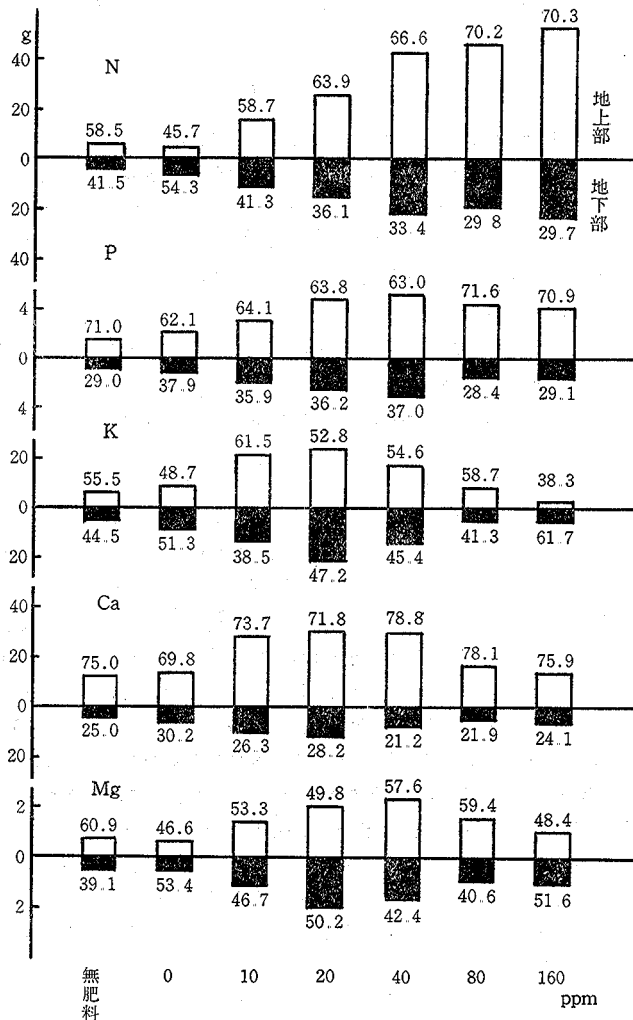


第7図 果皮と果肉の無機成分含有率

用濃度の増加とともに高くなった。ただし、葉では果実収量の多かった80 ppm区で最も低かった。果皮および果肉では、0 ppmと10 ppm区の分析値は欠除するが、窒素の施用濃度の増加に伴い、NとPは高くなり、K、Ca、Mgは低くなる傾向を示した。

7. 掘り上げ時の樹体の無機成分含有量

前項の樹体各部の無機成分の含有率と乾物重量から算出した樹体の無機成分含有量を地上部と地下部にまとめて図



第8図 樹体の無機成分含有量

注：棒グラフの上下の数字は全樹体含有量の地上部および地下部の百分率

示すると、第8図のとおりである。

N含有量は窒素施用濃度の増加に伴い、地上部・地下部とも増加したのに対し、P含有量は生体重の最大であった40 ppm区で、K, Ca, Mg含有量は20 ppm区で最大値を示した。それより、窒素濃度が増減するほど、含有量は減少した。Kを除く4要素の含有量は、いずれの施用濃度区でも、無肥料区よりも多かったが、160 ppm区のK含有量は無肥料区よりも少なかった。それぞれの要素について、地上部と地下部の含有量の百分率をみると、Nでは施用濃度の増大に伴い地上部の割合が高くなったのに対し、他の要素では一定の傾向は認められなかった。

さらに、N含有量を10としたときの各要素含有量の比数を算出すると、第5表のとおりである。生体重の最大であった40 ppm区で N:P:K:Ca:Mg=10:1.2:6.0:

第5表 各要素含有量の比数

処理区	N	P	K	Ca	Mg
ppm					
160	10	0.7	1.1	2.3	0.3
80	10	0.9	1.9	3.8	0.4
40	10	1.2	6.0	6.2	0.6
20	10	1.8	11.0	11.0	1.0
10	10	1.9	12.2	13.4	1.0
0	10	3.1	16.6	18.4	1.2
無肥料	10	2.3	12.0	16.7	1.3

6.2:0.6 であり、いずれの要素も窒素施用濃度が高くなるほど、N に対する比数は小さくなった。

考 察

著者の一人井上⁽³⁾は先に、本実験と同様にリン酸およびカリの施用濃度をいずれも 40 ppm に維持して、窒素の濃度のみを種々にかえ、カラタチ台およびユズ台の温州ミカン1年生苗木を砂耕栽培したところ、台木の如何にかかわらず 40 ppm の窒素濃度が栄養生長に好適であった。このとき、カラタチ台の葉分析で N, P, K 含有率はそれぞれ3.20-3.60, 0.18-0.20, 2.08-2.35%であった。温州ミカンに限らず、永年生物物である果樹類では一般に、生殖生長の好適濃度を結実樹で観察する場合には果菜類などと異なり、栄養・生殖両作用のバランスを考慮してもなお、1年のみの成績では結論を得ることは難しい。

とくに、果実数に支配される果実収量を観察しようとする場合、葉果比の問題があり、砂耕試験で窒素の適正な施用濃度を中心にして、その欠乏状態から過剰状態までを設定した時には葉果比を同一にそろえることは不可能である。したがって、本実験では6年間の実験期間中、あえて無摘果としたが、生理的落果が多く、葉果比は17より少なくなることはなかった。

本実験を6か年で打ち切ったのは、0 ppm 区と 10 ppm 区で着果をまったくみなくなったからで、窒素不足の影響が確実に結実面に現われ、果実収量についての比較ができなくなった。また、隔年結果の現象も著しかったので、果実収量は6か年の累積収量で以下の考察をすすめたい。7年生樹を供試しての6か年の窒素処理後の掘り上げ樹の樹体重は、せん定をほとんど実施しなかったので6か年の栄養生長面の累積効果とみることができる。累積収量では 20 ppm 区が最も優り、樹体重(果実は含まない)は 40 ppm 区で最も優った。この栄養生長面の好適濃度は、前述の1年生苗木でのそれ⁽³⁾と同じであった。この関係を6か年間の N の葉内含有率の年次変化でみると、両区とも実験開始3年目に最高含有率(40 ppm 区:4.61%, 20 ppm 区3.64%)を示したが、その後次第に含有率が低下し、最終年次にはそれぞれ3.56, 2.36%となった。窒素の葉内好適含有率(含量)について佐藤らの砂耕試験⁽⁷⁾や生産者の優良園での調査⁽⁹⁾からも知られるように、3.0%前後の値が根群の発達を制限した本ポット実験でも好適のようにみられ、20 ppm 区では最終年次には少し窒素が不足気味になったため収量減につながったと思われる。葉内含有率が3%を切る段階で果実収量が多く、樹体の充実は若干果実生産のからみで低下していくのではないかと考える。果実を生産する時の好適濃度が苗木の栄養生長のみを図る場合より低下したことは興味あることで、筆者^(2,5)はすでに窒素不足気味で結実歩合の高まることを指摘した。本実験は、根群分布を約 0.1 m³ のコンクリートポット内に制限しているため、多年砂耕を継続すると、結実により樹勢衰弱の傾向がみられたが、窒素施用濃度では 20~40 ppm の中間、N の8月の葉分析値では3%前後の栄養状態が栄養・生殖両作用の最もバランスのとれた状態ではなかろうかと推察する。なお、このときの P および K 含量はそれぞれ0.20%, 1.70%であった。

文 献

- | | |
|--|---|
| (1) 井上 宏: 農業および園芸, 46 (1), 59-60 (1971). | 術報告, 22 (2), 92-100 (1971). |
| (2) 井上 宏: 農業および園芸, 46 (3), 525-526 (1971). | (5) 井上 宏, 山本雅典: 農業および園芸, 46 (11), 1603-1604 (1971). |
| (3) 井上 宏: 香川大学農学部学術報告, 22 (2), 83-91 (1971). | (6) 佐藤公一, 石原正義, 若林莊一, 原田良平: 農技研報告, E1, 29-42, 1952. |
| (4) 井上 宏, 大沢季義, 山下泉: 香川大学農学部学 | (7) 佐藤公一, 石原正義, 原田良平: 農技研報告, E3, 187-205 (1954). |

(1980年10月31日 受理)