

# 砂耕試験による温州ミカンの異常落葉に関する研究

石田 雅士・傍島 善次・山本 喜啓

MASASHI ISHIDA, YOSHITSUGU SOBAJIMA and YOSHIHIRA  
YAMAMOTO: Studies on "Abnormal defoliation"  
of Satsuma orange trees under sand culture.

**要旨:** 温州ミカンの異常落葉に関する基礎的な資料を得るために、1965年から1967年にかけて砂耕試験により、温州ミカン苗木を供試して、N ならびに Ca 施用濃度の相違が Mn の吸収におよぼす影響を調査した。

- 1) 生体重は N 施用濃度が増すにしたがって減少する傾向が認められ、とくに細根重において顕著であった。Mn 高濃度施用により生体重は減少したが、Ca 高濃度の施用により、この傾向は軽減された。
- 2) 葉内 Mn 含量は Mn 施用濃度が高まるにしたがって増加し、N 施用濃度が減少するにしたがって著しく増加した。しかし Ca 施用濃度の多少による相違は認められなかった。
- 3) 葉内 P 含量は Mn および N 施用濃度にあまり影響されず、Ca, Mg 含量は Mn 施用濃度よりも N 施用濃度に影響され、Mn 施用濃度が高い場合、K, Ca 含量はやや低下し、Mg 含量だけが増加した。
- 4) 台木、pH の相違による Mn 吸収の差異は認められなかった。
- 5) Mn の部位別含量は細根に最も多く、葉、新梢、中根、幹の順であった。
- 6) 葉内 Mn 含量の多少による葉内 Ni, Zn, Co および Fe 含量の相違は認められなかった。
- 7) Mn 施用濃度が高い場合、根の呼吸活性は低下し、葉内 N 組成は蛋白態 N が減少し、アミノ態 N およびアミド態 N が増加する傾向が認められた。

## I 緒 言

近年温州ミカンの異常落葉の原因については幾多の調査が行なわれ<sup>1)2)4)5)6)</sup>、その主因は Mn の過剰吸収によって落葉が誘起されるものと推定されている。

しかし一般に落葉園は施肥量が多く、とくに N と K の多用が目立ち、その反面石灰質肥料が少ないといわれ、また土壌の酸性化も強く水溶性 Mn が多いと報告<sup>1)3)</sup>されている。そこで温州ミカンの異常落葉が Mn の過剰吸収によって生ずる単なる生理的障害であるか、あるいは N, Ca などの無機肥料の施肥量、施用割合等の栽培管理、pH などが関与しているのかについて基礎的な資料を得る目的で1965年から1967年にかけて砂耕試験により、N ならびに Ca 施用濃度が Mn の吸収におよぼす影響を無機養分吸収との関連性について調査した。一方また台木の相違、pH との関連性についても調査し、Mn の過剰吸収が樹体におよぼす影響を明らかにしようと試みた。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費によって行

なわれたもので、実験に当たり研究生白石和久・倉内渥阿氏に多大の協力をいただき、また螢光 X 線分析にあたり本学服部共生助教授に多大のご指導をいただいた。ここに深謝の意を表する。

## II N 施用濃度および PH の相違が Mn の吸収におよぼす影響

### 1. 実験材料および方法

実験材料は、林系普通温州1年生苗(カラタチ台)を1965年3月21日に直径40cm、深さ30cmの素焼鉢に川砂を用いて植付け、処理は各区3本とした。処理区およびそれぞれの砂耕液の組成は第1表のとおりである。

N 源としては  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、P 源としては  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 、K 源としては  $\text{KCl}$ 、Mn 源としては  $\text{MnSO}_4$  を用い、N 濃度のみを、20, 40, 80ppm らに変え、それぞれの処理区に Mn を 1 ないし 80ppm 添加した。砂耕液の pH は  $\text{H}_2\text{SO}_4$  で調整し植付けてから20日後(4月10日)より11月20日まで原則として週3

第1表 各処理区と培養液の組成

| 処 理 区 |       | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K   | Mn  | PH         |
|-------|-------|-----|-------------------------------|-----|-----|------------|
|       |       | ppm | ppm                           | ppm | ppm |            |
| N 20  | Mn 1  | 20  | 40                            | 80  | 1   | 6.0<br>4.0 |
|       | Mn 80 | 20  | 〃                             | 〃   | 80  | 6.0<br>4.0 |
| N 40  | Mn 1  | 40  | 〃                             | 〃   | 1   | 6.0<br>4.0 |
|       | Mn 80 | 40  | 〃                             | 〃   | 80  | 6.0<br>4.0 |
| N 80  | Mn 1  | 80  | 〃                             | 〃   | 1   | 6.0<br>4.0 |
|       | Mn 80 | 80  | 〃                             | 〃   | 80  | 6.0<br>4.0 |
| N 160 | Mn 1  | 160 | 〃                             | 〃   | 1   | 6.0<br>4.0 |
|       | Mn 80 | 160 | 〃                             | 〃   | 80  | 6.0<br>4.0 |

回1鉢当たり2l灌漑した。ただし夏の乾燥時には鉢底より水が流失しない程度に適当に灌水した。

処理後、8月20日、10月20日、11月20日(堀上時)に葉分析を、根についても8月20日、11月20日に各処理区の無機要素の分析を行なった。この際NはSemimicro-Kjeldahl法、PはDeniges法、KはFlame Photometer法、Mg、CaはEDTAキレート滴定法、Mnは蛍光X線分析装置FX 402型に計数装置を付属させたものである。Mnの定量条件は1次X線強度30kV 20mA、計数管電圧1000V、Gain H-2、Time constant 2 sec、波高分析 Level 10V、Width Infinite F.C (Fluorescent Count) 62.95°、S.C (Scanning Count) 60.99°で標準曲線用試料は、定量しようとする各試料より1定量ずつ集め混合後、3gずつ取り、少量のアセトンでうるおし、これにMnを50、100、250、500、1000 $\gamma$ になるように加え混合、攪拌後50°Cでアセトンを除去した。空試験用有機物質としてメルク製トーモロコンデンブンをを用いた。測定方法はマイラー膜を張った溶液用試料入れ(底面積約10mm<sup>2</sup>に粉末試料500mgを入れ均一に膜面をおおったのち、F.C→S.Cつぎの試料についてはSC→FCの順に2回ずつ測定してF.C/S.Cの比を計算した。計数は1分間のFixed Time法で行なった。

## 2. 実験結果

### a) 生体重

11月20日の堀上時における各処理区が生体重は第2表に示した。すなわち、地上部重量は標準区(N80ppm、Mn 1ppm、pH 6.0)に比してNが高濃度になった時のみ、やや劣る傾向が認められたが、低濃度では顕著な差異はみられなかった。地下部重量をN濃度と

第2表 堀上時における生体重

1965. 11. 20

| 処 理 区       | 地 上 部 |        | 地 下 部 |       |
|-------------|-------|--------|-------|-------|
|             | 総重量   | 春枝重    | 総重量   | 細根重   |
| PH 6.0      |       |        |       |       |
| Mn 1        | 252 g | 24.0 g | 175 g | 103 g |
| N 20 Mn 80  | 220   | 22.0   | 161   | 95    |
| N 40 Mn 1   | 265   | 30.0   | 158   | 105   |
| N 40 Mn 80  | 226   | 24.0   | 146   | 74    |
| N 80 Mn 1   | 265   | 26.0   | 149   | 73    |
| N 80 Mn 80  | 193   | 22.0   | 131   | 73    |
| N 160 Mn 1  | 177   | 12.0   | 121   | 69    |
| N 160 Mn 80 | 155   | 20.0   | 108   | 54    |

の関係でみると、低濃度区が最も重く、濃度が増すにしたがって軽くなる傾向が認められた。Mn濃度との関連性では、Mn 80ppm添加区は1ppm区に比べて地上部地下部重量ともにやや減少する傾向が認められ、とくに細根重では明らかに減少する傾向が顕著であった。pH 4.0の場合もpH 6.0とほぼ同様の傾向を示した。なお砂耕試験期間中Mn過剰になると葉の先端に褐色の斑点が発現するといわれるが、このような斑点は各処理区ともに認められず、微量元素欠乏なども発見されなかった。

### b) 葉分析

堀上時における葉分析の結果は第3表に示した。すなわち葉内Mn含量はN施用濃度、pHに関係なく施用量が多くなるほどMn含量は高い値を示し、同一濃度ではN施用濃度が低いほど、Mn含量が著しく増加する傾向が認められ、N 20-Mn80区が最高の含量を示したが、pHの相違による顕著な差異は認められなかった。

N含量はN施用濃度が増すにしたがって高くなる傾向を示し、pH 4.0区が6.0に比べて概して高く、Mn施用濃度との関連性では、80ppm区は1ppm区に比べてややN含量が低下する傾向が認められた。

P含量は、MnおよびN施用濃度との関連性では、あまり明確な関係は認められず、pH 4.0区でMn 80ppm添加区は1ppm区に比べて、N施用濃度80ppm以下でやや低下する傾向が認められた。

K含量は、Mn施用濃度との関係では、Mn 1ppm区は80ppm区に比べてやや高くなる傾向が認められたが、N施用濃度との関連性では、濃度が増加するにしたがって著しくK含量が低下し、NとKの拮抗作用が認められた。

Ca含量は、Mn施用濃度との関係では、Mn 80ppm区は1ppm区に比べてやや低くなる傾向が認められ、

第3表 堀上時における葉内無機含量

対乾% 1965.11.20

| 無機要素  | N     |       | P     |        | K      |       | Ca    |       | Mg    |        | Mn     |        |         |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
|       | 6.0   | 4.0   | 6.0   | 4.0    | 6.0    | 4.0   | 6.0   | 4.0   | 6.0   | 4.0    | 6.0    | 4.0    |         |
| PH    |       |       |       |        |        |       |       |       |       |        |        |        |         |
| N 20  | Mn 1  | 2.87% | 3.21% | 0.210% | 0.227% | 1.49% | 1.28% | 1.91% | 1.95% | 0.422% | 0.287% | 77 ppm | 213 ppm |
|       | Mn 80 | 2.67  | 3.08  | 0.213  | 0.219  | 1.21  | 0.90  | 1.36  | 1.26  | 0.502  | 0.619  | 1437   | 1413    |
| N 40  | Mn 1  | 4.07  | 4.03  | 0.227  | 0.260  | 1.19  | 1.34  | 1.36  | 1.35  | 0.258  | 0.303  | 105    | 94      |
|       | Mn 80 | 3.89  | 4.06  | 0.227  | 0.227  | 1.11  | 0.77  | 1.22  | 1.33  | 0.422  | 0.649  | 1165   | 944     |
| N 80  | Mn 1  | 5.67  | 6.22  | 0.205  | 0.344  | 1.06  | 0.77  | 1.01  | 0.90  | 0.211  | 0.197  | 69     | 60      |
|       | Mn 80 | 4.68  | 5.00  | 0.382  | 0.228  | 0.91  | 0.75  | 0.96  | 0.58  | 0.250  | 0.214  | 796    | 647     |
| N 160 | Mn 1  | 5.79  | 6.93  | 0.407  | 0.434  | 0.66  | 0.65  | 0.96  | 0.67  | 0.164  | 0.413  | 37     | 54      |
|       | Mn 80 | 5.73  | 5.83  | 0.249  | 0.465  | 0.66  | 0.55  | 0.94  | 0.72  | 0.194  | 0.214  | 383    | 407     |

第4表 各処理区の部位別 Mn 含量

1965.11.20

| 部位 | N 20   |         | N 40     |          |         |        | N 80     |         |        |        | N 160   |         |        |        |         |         |
|----|--------|---------|----------|----------|---------|--------|----------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|
|    | Mn 1   | Mn 80   | Mn 1     | Mn 80    | Mn 1    | Mn 80  | Mn 1     | Mn 80   | Mn 1   | Mn 80  | Mn 1    | Mn 80   |        |        |         |         |
| PH | 6.0    | 4.0     | 6.0      | 4.0      | 6.0     | 4.0    | 6.0      | 4.0     | 6.0    | 4.0    | 6.0     | 4.0     | 6.0    | 4.0    |         |         |
| 春葉 | 77 ppm | 213 ppm | 1437 ppm | 1413 ppm | 105 ppm | 94 ppm | 1165 ppm | 944 ppm | 69 ppm | 60 ppm | 796 ppm | 647 ppm | 37 ppm | 54 ppm | 383 ppm | 407 ppm |
| 春枝 | 187    | 193     | 560      | 480      | 173     | 207    | 466      | 420     | 89     | 260    | 346     | 247     | 166    | 60     | 280     | 413     |
| 幹  | 73     | 24      | 233      | 312      | 30      | 27     | 293      | 210     | 33     | 36     | 260     | 198     | 43     | 24     | 47      | 101     |
| 中根 | 87     | 133     | 167      | 470      | 113     | 273    | 773      | 700     | 180    | 227    | 684     | 593     | 200    | 273    | 256     | 427     |
| 細根 | 280    | 120     | 1787     | 1467     | 233     | 446    | 1673     | 1060    | 740    | 740    | 820     | 620     | 453    | 867    | 960     | 1633    |

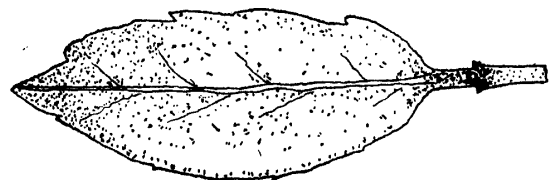
N 施用濃度が増加するにしたがって減少した。pH による相違は判然としなかった。

Mg 含量は、Mn 施用濃度との関係では、Mn 80 ppm 区は 1ppm 区に比べてやや高い値を示した。N 施用濃度との関係では pH 6.0区は濃度が低下するにしたがって Ca 含量が増加する傾向が認められた。pH 4.0 区では一定した傾向は認められなかった。

c) 樹体内の Mn 蓄積状態

各処理区の Mn 蓄積状態を明らかにするために葉、枝、幹、中根および細根の部位別 Mn 含量を調べた結果は第4表に示した。すなわち Mn 施用濃度が高い場合、pH の相違に関係なく Mn 含量は、細根に最も多く、ついで葉、枝、中根、幹の順であった。Mn 施用低濃度では、概して細根および春枝に多い傾向が認められた。pH の相違による顕著な差異は認められなかった。

つぎに葉内の Mn 分布状態を調べるため N20-Mn1 および N 20-Mn 80 の新鮮葉を電気炉で 300°C にて灰化した後、S トリオキシン酸と塩酸ヒドロキシルアミン(1:2V/V) 混合液ホルムアルドキシムで赤褐色に発色させ調べた結果、第1図に示すごとく葉の部位では



第1図 葉内 Mn の分布状態 (1965)

葉身の先端部に最も多く葉柄側は比較的少なくなり、とくに葉身と葉柄の接合部の葉身側に異常に Mn が集積しているのが観察された。

d) 台木の相違による比較

台木(カラタチ台およびナツミカン台)の異なる林系温州2年生苗を用いて前述の操作によって、N および Mn 施用濃度の相違が葉内無機養分におよぼす影響を調査した結果は第5表に示した。すなわち Mn 含量はカラタチ台、ナツミカン台ともN 施用濃度が高まるにつれて低下する傾向があり、1年生の場合と同様に Mn 施用濃度が高まるにつれて増加した。カラタチ台はナツミカン台に比して概して Mn 含量が多い傾向が認められた。Ca 含量についても同様にカラタチ台はナツミカン台に比べて高い傾向が認められたが、その他の無機含量については、台木間による顕著な相違点

第5表 台木の異なる場合の葉内無機含量

対乾物% 1965.11.20

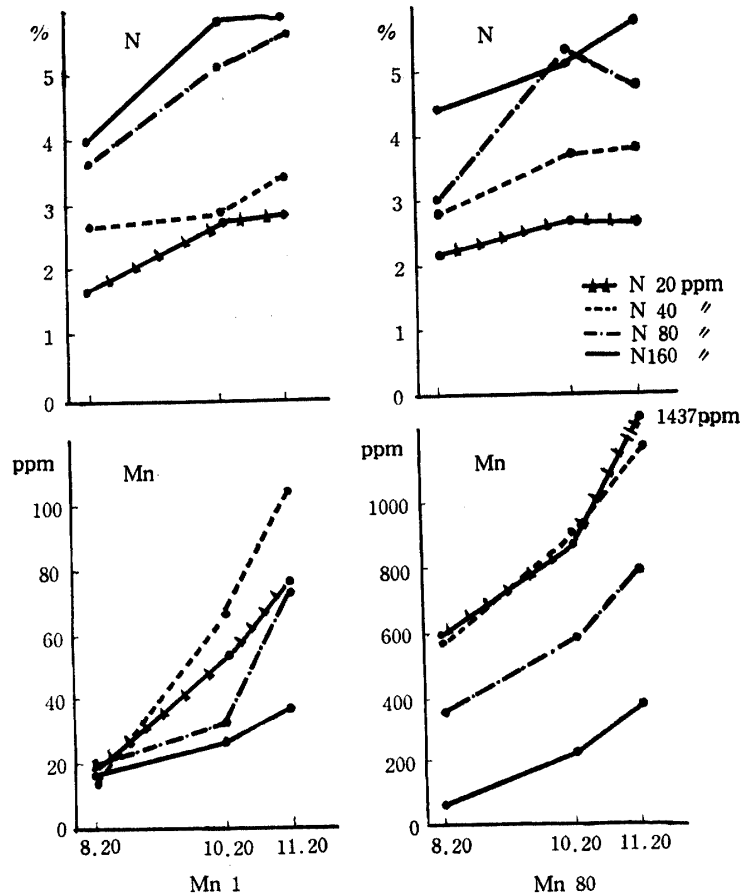
| 無機要素   | 処理区    | N 40 |       | N 80 |       | N 160 |       | N 240 |       |
|--------|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |        | Mn 1 | Mn 80 | Mn 1 | Mn 80 | Mn 1  | Mn 80 | Mn 1  | Mn 80 |
| カラタチ台  | N %    | 3.31 | 3.54  | 4.64 | 4.25  | 5.55  | 4.49  | 3.67  | 3.69  |
|        | P //   | 0.49 | 0.43  | 0.41 | 0.34  | 0.30  | 0.33  | 0.36  | 0.29  |
|        | K //   | 1.02 | 1.09  | 1.03 | 0.98  | 0.51  | 0.40  | 0.54  | 0.54  |
|        | Ca //  | 1.59 | 1.52  | 1.30 | 1.27  | 1.20  | 1.24  | 0.68  | 1.15  |
|        | Mg //  | 0.37 | 0.41  | 0.30 | 0.40  | 0.27  | 0.30  | 0.26  | 0.29  |
|        | Mn ppm | 69   | 553   | 54   | 776   | 58    | 454   | 49    | 70    |
| ナツミカン台 | N %    | 3.06 | 2.86  | 4.02 | 3.89  | 5.03  | 4.88  | 4.25  | 4.17  |
|        | P //   | 0.38 | 0.23  | 0.25 | 0.25  | 0.34  | 0.45  | 0.45  | 0.45  |
|        | K //   | 1.71 | 1.23  | 0.93 | 0.91  | 0.76  | 0.56  | 0.56  | 0.70  |
|        | Ca //  | 1.16 | 0.92  | 0.82 | 0.61  | 0.70  | 0.78  | 0.64  | 1.12  |
|        | Mg //  | 0.37 | 0.40  | 0.33 | 0.30  | 0.35  | 0.33  | 0.27  | 0.36  |
|        | Mn ppm | 31   | 325   | 53   | 194   | 23    | 93    | 44    | 71    |

は認められず、Mn 施用濃度と無機養分吸収の関係は1年生苗の砂耕試験の結果と全く同様の傾向であった。

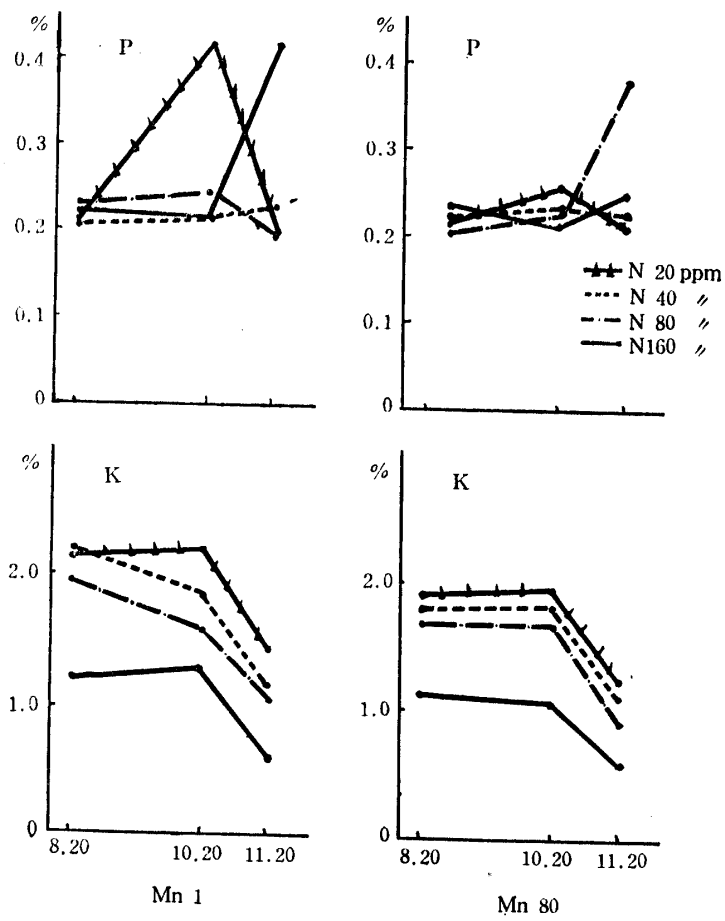
e) 季節的な葉内無機含量の変化

1年生苗の各処理区の無機要素の季節的な消長は第2, 3および4図に示した。N, Mn, Ca および Mg

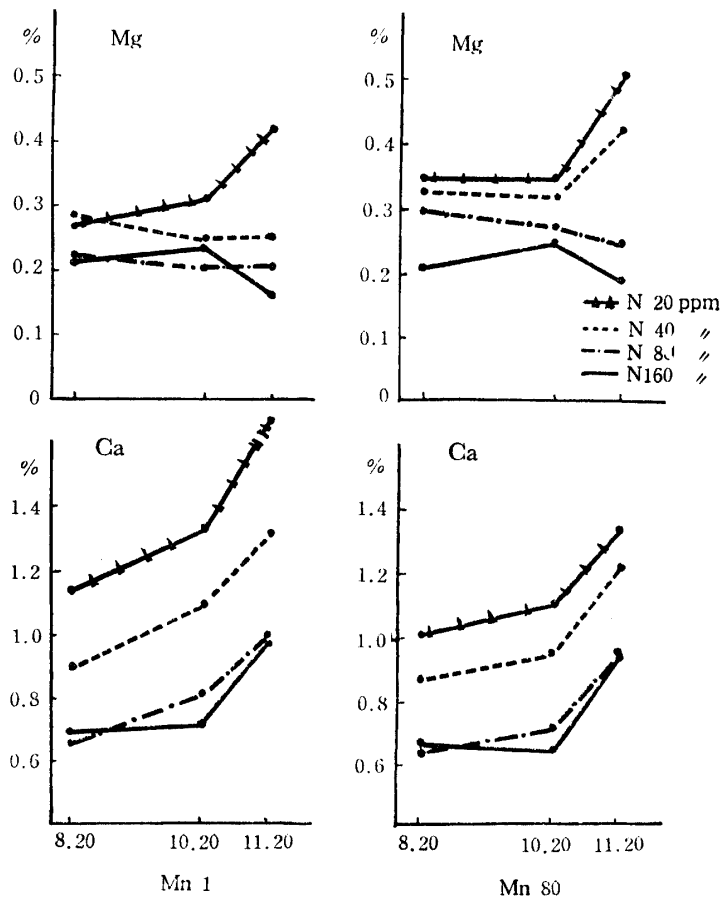
は、いずれも生長が進むにしたがって漸増する傾向が認められたが、K は低下し、P は比較的变化が少なかった。Mn 施用濃度が高まれば、N および Ca 含量はやや低下し、Mg はやや増加する傾向が認められた。



第2図 各処理区の季節的な葉内NおよびMn含量の変化(1965)



第3図 各処理区の季節的な葉内PおよびK含量の変化(1965)



第4図 各処理区の季節的なMgおよびCa含量の変化(1965)

### III. Ca の施用濃度が Mn の吸収におよぼす影響

#### 1. 実験材料および方法

実験材料は、林系普通温州2年生苗（カラタチ台）を1967年4月17日に直径40cm、深さ30cmの素焼鉢に川砂を用いて植付け、処理は各区3本とした。処理区およびそれぞれの砂耕液の組成は第6表のとおりで

第6表 各処理区と培養の組成

| 1967  |     |                               |     |     |     |
|-------|-----|-------------------------------|-----|-----|-----|
| 処理区   | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K   | Mn  | Ca  |
|       | ppm | ppm                           | ppm | ppm | ppm |
| Mn 1  | 80  | 40                            | 80  | 1   | 1   |
| Ca 1  | 20  | 〃                             | 〃   | 20  | 〃   |
|       | 40  | 〃                             | 〃   | 40  | 〃   |
|       | 120 | 〃                             | 〃   | 120 | 〃   |
| Mn 1  | 80  | 40                            | 80  | 1   | 80  |
| Ca 80 | 20  | 〃                             | 〃   | 20  | 〃   |
|       | 40  | 〃                             | 〃   | 40  | 〃   |
|       | 120 | 〃                             | 〃   | 120 | 〃   |
| 対 照   | 80  | 40                            | 80  | —   | —   |

ある。砂耕液の pH は H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で6.0に調整し、微量元素として Zn: 0.05ppm, Mg: 20ppm, Mn: 0.1ppm, Cu: 0.02ppm, B: 0.1ppm, Fe: 1ppm および Mo: 0.02ppm を週1回施用し、11月22日まで原則として週3回1鉢当り 2l 灌注した。ただし夏の乾燥時には鉢底より水が流亡しない程度に適当に灌水した。葉分析の方法は1965年と同様の方法で行なった。なお Fe の分析は O-Phenathroline 法で行なった。

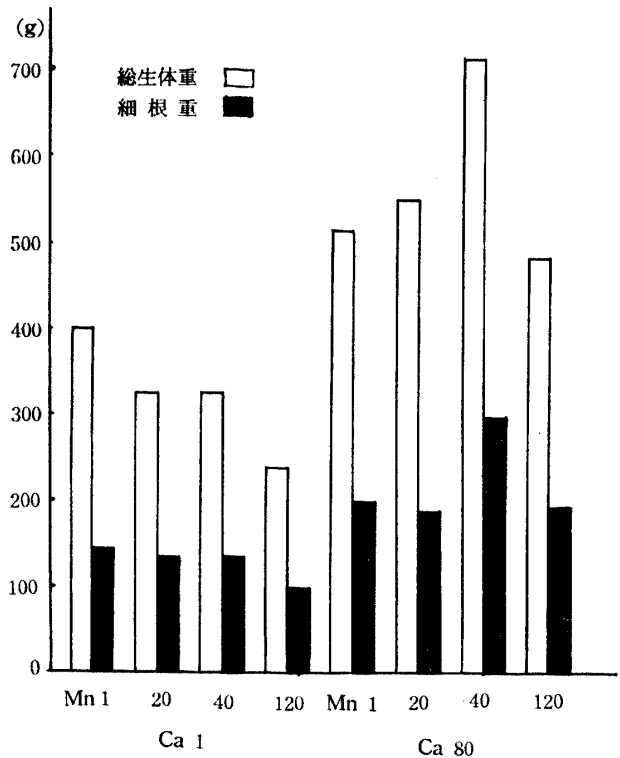
#### 2. 実験結果

##### a) 生体重

1967年11月22日の堀上時における各処理区の総生体重は第5図に示した。Ca 施用低濃度区では、Mn 濃度が高まれば、全生体重および細根量が低下するのに対して、Ca 施用高濃度区では Mn 40ppm 施用までは、むしろ増加し、細根量も多いことが認められた。

##### b) 葉分析

葉内無機含量は第7表に示した。Mn 含量は Ca 施用濃度の多少にかかわらず施用濃度が増加するにしたがって高い値を示した。Ca 含量は、高濃度施用区は低濃度区に比べて概して高い値を示したが、施用濃度の相違ほど顕著でなかった。Ca 施用高濃度区では、



第5図 堀上時における各処理区の総生体重（1967）

第7表 各処理区の葉内無機含量

対乾物% 1967.11.22

| 処理区   | 無機要素 | N    | P    | K    | Ca   | Mg   | Mn   | Fe  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|       |      | %    | %    | %    | %    | %    | ppm  | ppm |
| Ca 1  | Mn 1 | 2.40 | 0.23 | 1.15 | 1.95 | 0.26 | 66   | 87  |
|       | 20   | 3.15 | 0.27 | 1.06 | 1.05 | 0.30 | 96   | 67  |
|       | 40   | 3.07 | 0.25 | 1.31 | 1.50 | 0.31 | 331  | 85  |
|       | 120  | 2.74 | 0.23 | 1.18 | 1.40 | 0.22 | 301  | 98  |
| Ca 80 | Mn 1 | 3.26 | 0.22 | 1.61 | 1.60 | 0.11 | 61   | 75  |
|       | 20   | 3.09 | 0.20 | 1.15 | 2.40 | 0.15 | 142  | 128 |
|       | 40   | 2.80 | 0.22 | 1.21 | 1.95 | 0.18 | 234  | 68  |
|       | 120  | 2.68 | 0.19 | 1.11 | 1.60 | 0.10 | 1074 | 55  |

Mn 施用濃度が増加するにしたがって、N, K 含量が減少する傾向が認められたが、低濃度ではみられなかった。P, Mg および Fe 含量は、Mn および Ca 施用濃度との間には一定の関連性は認められなかった。

### IV. 葉内 Mn 含量の多少と微量元素の蛍光 X 線回折による定性

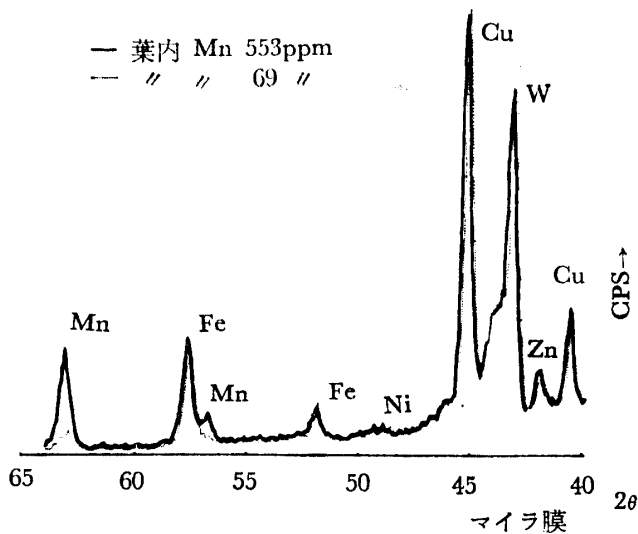
#### 1. 実験材料および方法

1965年に砂耕試験した2年生カラタチ台、N40-Mn1 および N40-Mn80 区の堀上時の乾燥葉 0.5g を供試して前述の方法により X 線回折により微量元素を調べ

た。

2. 実験結果

第6図に示すとおり葉内 Mn 含量の多少によって、



第6図 葉内 Mn 含量の多少と重金属の定性（蛍光X線回折による）（1965）

Fe, Zn, Ni, Cu 含量には蛍光 X線回折の範囲では、顕著な差異は認められなかった。

V. Mn の過剰吸収と根の呼吸活性

1. 実験材料および方法

1965年に前述の砂耕試験を行なった苗の細根 1g を、11月17日に採集し 25°C で、ワールブルグの検圧計を用いて常法により測定した。

2. 実験結果

第7図に示すとおり N 施用濃度に関係なく、Mn 多量施用区は少量区に比べてやや呼吸活性が低下する傾向が認められた。2年生の台木の異なる場合も同様であったが、カラタチ台に比べてナツミカン台は、概して呼吸活性が低下する傾向が認められた。

VI. 葉内 Mn 含量の相違と N 化合物の組成

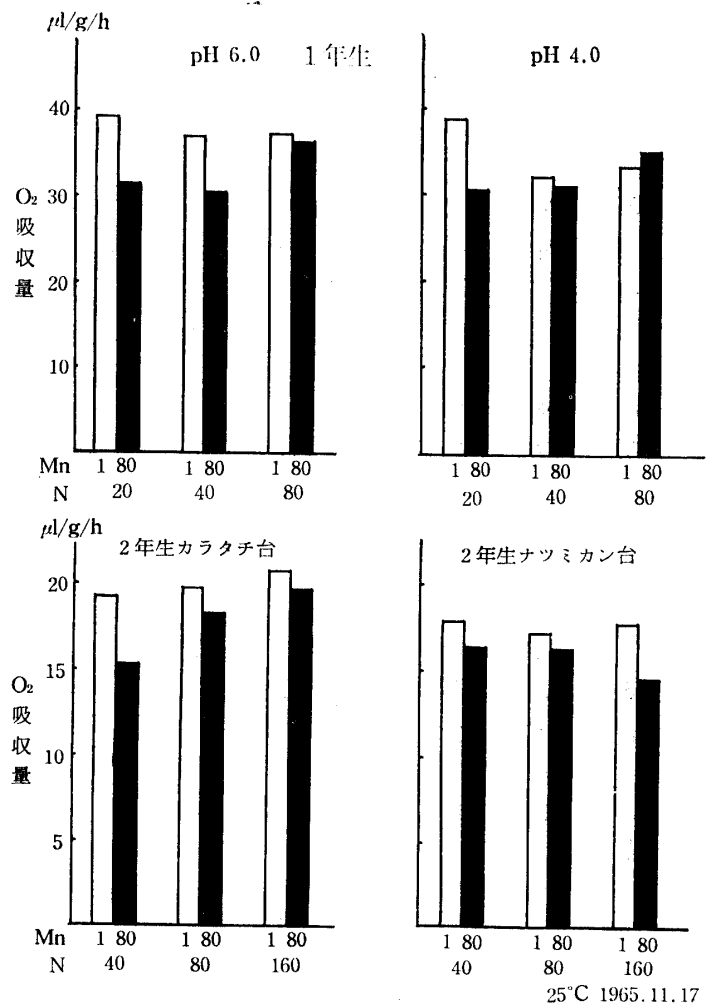
1. 実験材料および方法

1967年砂耕試験に供試した葉内 Mn 含量の異なる樹より11月22日に新鮮葉を 5g 採集し、蛋白態 N は、葉をホモゲナイザーで粉碎し、70°C の湯浴中に約 3時間放置後、酢酸鉛を加えて、水溶性

蛋白を凝固させ、ろ紙でろ過し残渣を分解しケルダール法により測定後、アミノ態 N は前述の蛋白態 N の分析でろ過した液 5ml を減圧蒸留装置にとり、1ml の H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 液 (85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2ml に水 1ml の割合で作製したもの)、5ml の Ninhydrin 溶液 (15mg 含む) を加え、60°C の湯煎中で約30分減圧蒸留し留出液を 1/100N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で受け、ネスラー試薬によって比色定量した。アミド態 N は、アミノ態 N と同様の供試液を用い、減圧蒸留装置に 50ml 採り、6N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10ml を加え、沸騰した湯煎中に入れ、10% NaOH 4ml を加え、約 3時間減圧蒸留し、後はアミノ態 N と同様の方法によった。アンモニア態 N は、新鮮葉 20g と採集しホモゲナイザーで粉碎し、減圧蒸留装置にとり、MgO を加えて、約 40°C の湯煎中に 2時間減圧蒸留し、後はアミノ態 N と同様に定量した。

2. 実験結果

第8表に示すとおり葉内 Mn 含量が増加するにした



第7図 N 各処理区の細根呼吸活性 (1965)

第8表 葉内 Mn 含量の相違と N 化合物の組成  
1967

| 葉内<br>Mn 含量 | 総 N に対する割合 |      |        |      |         |      |          |      |
|-------------|------------|------|--------|------|---------|------|----------|------|
|             | 蛋白態 N      |      | アミノ態 N |      | アマイド態 N |      | アンモニア態 N |      |
|             | ※mg/g      | %    | mg/g   | %    | mg/g    | %    | mg/g     | %    |
| 61ppm       | 24.1       | 73.8 | 3.8    | 11.8 | 4.7     | 14.4 | 0.01     | 0.04 |
| 143 "       | 23.1       | 74.6 | 3.8    | 12.2 | 5.1     | 16.5 | 0.05     | 0.16 |
| 234 "       | 18.5       | 65.8 | 4.3    | 15.2 | 5.3     | 18.8 | 0.03     | 0.12 |
| 1076 "      | 17.6       | 65.3 | 4.5    | 16.7 | 4.7     | 17.6 | 0.01     | 0.38 |

※ 乾重

がって、総 N 量に対する蛋白態 N の割合は減少する傾向がみられ、アミノ態 N およびアマイド態 N の割合が増加する傾向が認められた。

## VII. 考 察

温州ミカンの異常落葉の特徴として、葉に発生する褐色の斑点、落葉あるいは根の腐敗などが神吉<sup>5) 6)</sup>、東<sup>2)</sup>、岩本<sup>4)</sup>らによって報告されている。矢島<sup>15)</sup>らによると砂耕による異常落葉の再現試験において施用 Mn 量が増加すると褐色の斑点を認め、しかも斑点葉の Mn 含量が高かったと報告しているが、本実験の施用 N と Mn 濃度が生体重におよぼす影響では、Mn 含量の多い樹体は、やや生体重が劣るが、その程度は、むしろ N 施用濃度が増すと、全生体重が低下し、とくに細根量の減少が著しかった。

しかし本実験では矢島<sup>15)</sup>らの結果と異なり、全く褐色の斑点葉は現われなかった。

N 施用濃度の増加と細根量の減少については、斉藤<sup>12)</sup>らがヤマミカンを供試して当調査と同様の結果を認めており、各地の落葉園では、施肥過多のため濃度障害が起り、細根量が減少し、とくに N 肥料の過多も根の機能を低下させるのに関連するものと考えられた。

つぎに葉内無機含量は Mn および N 施用濃度が高くなれば、当然のことながら各要素の葉内含量は増加したが、葉内 Mn 含量は N 施用濃度に大きな影響を受け、N 施用濃度が低い場合に最も多く、漸次 N 濃度が高まるにつれて低下した。これらの関連性は砂耕の場合、とくに細根量の多少が最も影響しているものと考えられる。Labanauskas<sup>7) 8) 9)</sup>らはバレンシアオレンジで、N、P および K の施肥量を変えることにより微量要素吸収の相違を検討した結果、P の多量施肥で葉内 Mn 含量が増加し、K の多量施肥で低下すると述べており、また尾形<sup>10)</sup>はカンキツ園から採集した試料について Mn、N、P、K および Fe の葉内含量を分析定量し、Mn 含量との相関関係を求めたところ、N、K、Fe とは相関関係が認められず、わずかに P と

の相関が認められたと報告しているが、本実験では P は Mn および N 施用濃度にあまり影響されず、Ca、Mg は Mn 施用濃度より N 濃度に大きく影響され、Mn 施用濃度との関連性では、いく分濃度が高い場合、K、Ca はやや低下し、Mg だけが高くなる傾向が認められた。ところが無機要素の季節的な変化をみると、生育後期において K は低下し、N は増加をみないが、Mn および Ca はいずれも増加する傾向にあり、Mn は漸次蓄積され、神吉<sup>6)</sup>、岩本<sup>4)</sup>らも葉令が進むにしたがって葉内 Mn 含量は増加することを認めた結果と同様であった。岩本<sup>4)</sup>らが葉内 Ca と Mn との量的関係は明らかでなかったと報告しているのに反して、本実験では Mn 含量が増加すると Ca 含量がやや減少する傾向が認められた。

しかしながら Mn 多量施用が、明らかに特定の要素の吸収を著しく抑制するという現象はみられなかった。また pH の相違による差異も認められなかった。

樹体中の Mn の分布については矢島<sup>15)</sup>、岩本<sup>4)</sup>らの報告と同様、Mn 含量は細根に最も多く、ついで葉、枝梢、中根、幹の順であり、葉では先端部に多く漸次蓄積されるものと思われた。

カラタチ台とナツミカン台の相違による Mn 吸収量の相違および無機含量の変化は2年生苗を供試した限りでは認められなかったが、成木園の場合、根群の分布状態の相違等により異なった結果の可能性もあるものと考えられる。

つぎに Ca と Mn 施用濃度との関係を調べたところ、Ca 低濃度区では、Mn 濃度が高まれば全生体重および細根量が低下するのに対して、Ca 高濃度区ではむしろ増加し、細根量も多いことが認められた。Randhawa<sup>11)</sup>らはナツダイを水耕し、Ca 濃度ならびに N 形態が生育におよぼす影響を調べたところ、やはり Ca 低濃度では生育が劣り、上葉は葉縁より鈍黄緑色になって、極端な場合は根の褐変、腐敗もみられたのに対して、Ca 高濃度区は生育が良好になったと述べている。しかしながら葉内 Mn 含量は、Ca 施用濃度を高めても減少する傾向は認められなかった。この点に関して Ca 施用高濃度に対して相対的に葉内 Ca 含量が高まらなかったのは、砂耕条件に帰因しているのかあるいは他の原因があるのかは不詳である。ただ落葉園の異常落葉防止対策として Ca の施用が効果的であるという富田<sup>14)</sup>、岩本<sup>4)</sup>らの報告があるが、Ca が単なる土壌の酸性化にともなう水溶性 Mn の溶出防止のため必要なのか、あるいは Ca イオンそのものが



Mn 吸収を抑制するものなのかどうかについては明らかでないが、当調査の結果よりみて、かなり前者の効果が著しいものと推定されるが、Mn 蓄積による生長抑制程度は、Ca イオンによって軽減されえるものと思われる。一方 Fe/Mn 比について青木<sup>1)</sup>らは落葉園が、ほとんど1.00以下であるのに対して健全園はすべて1.00以上であるとし、異常落葉発現に関連性があると述べており、石原<sup>2)</sup>らはNi, Coなどの葉内含量が高いと栄養障害がおこると述べており、これら重金属と葉内 Mn 含量の多少との関係を蛍光X線回折法により、Fe, Zn, Ni等について調べたところ、この範囲ではMnの多少による他の重金属要素の相違は認められなかった。また Mn 多量施用が根の呼吸活性ならびに葉内 N 組成におよぼす影響を調べたところ、根の呼吸活性は、明らかに低下し、樹体内に過剰に Mn が蓄積すると、根による養水分吸収が低下する原因になると考えられ、葉内 N 組成も蛋白態 N が増加する傾向が認められ、N の代謝が乱れることは興味ある点であった。

以上の諸点より温州ミカンの異常落葉は、直接 Mn 過剰吸収が素因であるとしても、かならずしも単独ではなく根の呼吸活性の低下、養水分吸収の減少および葉内 N 組成の混乱等の樹勢の低下を来とし、種々の要因が相乗的にしかも長期にわたって作用する結果、生ずるものであると推定された。

### Summary

In order to investigate "Abnormal defoliation" of Satsuma orange trees, the experiments were carried out from 1965 to 1967 on manganese absorption of Satsuma orange trees under sand culture.

The results were as follows:

1) The plant growth decreased with high level of N concentration. Particularly, this tendency was recognized remarkably in the fibrous roots growth. With increasing Mn concentration, the growth decreased, whereas this tendency was depressed with high level of Ca.

2) The Mn content in the leaves increased with high level of Mn and greatly increased with decreasing level of N. This trend, however, was not noticed under Ca concentration.

3) The P content in the leaves was not affected by N or Mn concentration. The content of Ca and Mg was more affected by N concentration than Mn. The content of K and Ca reduced with high level of Mn concentration, but in this case only Mg content increased.

### 引用文献

- 1) 青木朗・森田修二(1966): 土肥誌. **37**(12): 600-604.
- 2) 東 史郎(1964): 農及園. **39**(10): 1534.
- 3) 石原正義・佐藤公一・尾山光雄・長谷嘉臣・金野三治(1968): 園試報. **7**: 39-54.
- 4) 岩本数人・大津量男・内堀弘治・平方康夫・宮崎久哉(1965): 熊本果試報. (2): 45-73.
- 5) 神吉久遠(1966): 農及園. **41**(9): 1333.
- 6) ——・矢島邦康・浜口克己(1968): 園学誌. **37**(1): 51-56.
- 7) Labanauskas, C. K., T. W. Embleton, W. W. Jones & M. J. Garber (1959): Proc. Amer. Hort. Sci. **73**: 257-266.
- 8) ——・——・——(1960): Ibid. **74**: 300-307.
- 9) ——・——・——(1960): Ibid. **75**: 230-235.
- 10) 尾形亮輔(1962): 園学誌. **31**(4): 337-346.
- 11) Randhawa, S. S. and M. Iwata (1967): 園学誌. **36**(1): 63-69.
- 12) 斉藤泰治・山本末之(1962): 宮崎大学研報. **8** (1): 90-105.
- 13) 傍島善次(1968): 果実日本. **23**(5): 18-22.
- 14) 富田栄一(1965): 和歌山の果樹. **3**: 22-29.
- 15) 矢島邦康・神吉久遠・浜口克己(1963): 九州農研. **25**: 250-251.

4) Under the various kinds of root stock and PH of solution, the Mn content in the leaves was not changed.

5) It was recognized that the fibrous roots in all parts of the trees involved the relative abundance of Mn and Mn content decreased in the order: leaves, shoots, middle roots and trunks.

6) The content of Ni, Zn and Cu in the leaves was not changed by Mn content.

7) With increasing Mn concentration, respiratory activity in the roots reduced. In this case, the content of protain-N in the leaves reduced, but Amino-N and Amide-N increased.

It has been suggested that "Abnormal defoliation" of Satsuma orange trees is caused by excessive Mn absorption. From the above observations, however, "Abnormal defoliation" was not always caused by the simple factor. It is, therefore, presumed that various factors as declining of tree vigor will affect during a long period on "Abnormal defoliation" of Satsuma orange trees.