

温室メロンの窒素栄養に関する研究（4）：窒素の給 源とカルシウムの供給濃度

花田, 勝美
九州大学農学部附属農場

<https://doi.org/10.15017/22269>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 35 (1/2), pp.45-54, 1981-03. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：



温室メロンの窒素栄養に関する研究

第4報 窒素の給源とカルシウムの供給濃度

花 田 勝 美

九州大学農学部附属農場

(1980年12月13日受理)

Studies of Nitrogen Nutrition for Muskmelon

IV. The Influence of the Form of Nitrogen and the Concentration of Calcium Supplied upon the Growth of Melon

KATUMI HANADA

University Farm, Faculty of Agriculture, Kyushu
University 46-10, Fukuoka 811-23

緒 言

カルシウム (Ca) は主として茎葉中に含まれ、子実や果実の中には比較的少ない (山崎, 1975)。Ca の重要な機能の一つは細胞と細胞の境にあるミドルメラ層のペクチン酸と結合して組織を固く膠着することである。また Ca は植物の古い組織から新しい組織へ移動しにくい性質をもっているため、欠乏するとミドルメラの形成が阻害されたり、あるいは解膠して油浸状になり、ついには根や新芽の生長点が破壊され、褐色壊死をおこす。植物体内の Ca を形態別に分画した結果 (山崎, 1967) によると、健全な生育を示す植物では下位葉から上位葉になるに従って酢酸可溶性などの水不溶性画分の占める割合が高い。このようなことから、ペクチン酸 Ca が細胞構成物質として重要であるといわれている。

植物の Ca 欠乏は土壤中の有効態の Ca の不足によることはもちろんのこと、Ca と他の肥料成分の不均衡な施用により生じ、とくにアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) とカリウム (K) の過剰施用は植物に Ca 欠乏を促進する傾向がある (Geraldson, 1957; Torres de Classen and Wilcox, 1974; Wilcox *et al.*, 1973)。N の供給形態と Ca の関係については、カルシウムイオン (Ca^{2+}) の吸収はアンモニウムイオン (NH_4^+) により阻害され、硝酸イオン (NO_3^-) により促進される。即ち NH_4^+ の Ca^{2+} に対する拮抗作用

が強いことが認められている (岩田, 1962; 高橋・吉田, 1952)。また Skok (1941) は植物体内の硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の還元には Ca が必要であることを認めている。

本報告は温室メロン (メロン) *Cucumis melo L. var. reticulatus* Naudin の N 栄養に関する研究の第4報として、Ca の供給濃度の増大がメロンの生育と二つの N 形態、即ち $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収および同化におよぼす影響を明らかにするために行つた水耕栽培の実験結果である。

実験方法

試験設計

N 源は $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の2種類、その供給濃度は第2報 (花田, 1980b)、第3報 (花田, 1980c) の場合同様 100 ppm とした。Ca の供給濃度は第3報の K の場合同様 0 ppm, 20 ppm, 100 ppm, 300 ppm の4段階とし、N 源が $\text{NO}_3\text{-N}$ のものを NCa_0 , NCa_{20} , NCa_{100} , NCa_{300} とし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ のものを ACa_0 , ACa_{20} , ACa_{100} , ACa_{300} として合計8処理区を設け、それぞれを NCa 系列, A Ca 系列と略称した。P, K, マグネシウム (Mg) の供給濃度は第1報 (花田, 1980a) 同様、それぞれを 25 ppm, 100 ppm, 25 ppm とした。また微量要素についても同じく、鉄: 5 ppm, マンガン: 2 ppm, ホウ素: 2 ppm, 亜鉛: 0.2 ppm, 銅: 0.08 ppm, モリブ

デン：0.04 ppm とした。

栽培方法

栽培槽は魚箱の内側に厚さ 0.1 mm の塩化ビニールフィルムを張付け使用した。ふたは厚さ 2.5 cm の発泡スチロールを植物の支持を兼ねて用いた。培養液は 1 槽当たり 20 l を使用し、その更新は 1 日おきに行い、pH は 1N-硫酸または 1N-苛性ソーダを用いて 5.5~6.0 に調節、毎日 10 時、13 時、17 時の 3 回矯正を行った。通気は養魚用エアポンプを用いて行った。

栽培植物

温室メロン Earl's Favourite の夏作用品種、丸西 3 号を砂床に播種、双葉展開後上記の栽培槽に移植し、移植 12 日後の節間伸長開始直前の本葉 3 枚展開時に処理を開始した。メロンの栽培はすべてビニールハウスの中で行った。

分析方法

生育調査および分析用試料の採取は処理開始後 10 日目に行った。分析用試料は採取後直ちに蒸留水にて洗滌、70°C で迅速に通風乾燥を行い以下の分析に供した。

全窒素 (T-N)：セミマイクロケルダール法。

P, K, ナトリウム (Na), Ca および Mg の定量は試料 0.5 g を 500°C で灰化後、ケイ酸分離したろ液について、

P：モリブデン青による比色法。

K, Na：炎光光度法。

Ca, Mg：原子吸光分光光度法。

NH₄-N, NO₃-N および水溶性有機態Nの抽出は試料 1.0 g に蒸留水 25 ml を加え、80~83°C で 15 分間行い、これを 3 回繰返した。

NH₄-N：コンウェイの微量拡散法。

NO₃-N：フェノールスルホン酸比色法。

水溶性有機態N：セミマイクロケルダール法。

遊離アミノ酸およびアミドは 80% エチルアルコール 50 ml で、50°C 1 時間の抽出を行い、これを 3 回繰返し、濃縮後ジクロロメタンにて脱色素を行った。更に試料は再度濃縮乾固後 pH 2.2 のクエン酸緩衝液に溶解し、アミノ酸自動分析計により定量を行った。ただし、グルタミンとアスパラギンの両アミドの含量は脱色素した試料溶液に 2N-塩酸を 1:1 の割合に加え、1 時間湯浴中で煮沸することにより、アミド態のNを加水分解して、グルタミン酸とアスパラギン酸に変換させ定量した値から加水分解前のそれぞれの定量値を差引きして算出した。またスレオニン

とセリンは加水分解処理した試料のクロマトグラムから定量した。

Ca の形態別分画は第 1 報同様、太田ら (1970) の方法により、80% エチルアルコール、水、1N-塩化ナトリウム、2% 酢酸、0.6N-塩酸の順に行い、それぞれの抽出は試料 1.0 g に抽出液 50 ml を加えて 2 時間行い、各分画は F_{alc}, F_{H₂O}, F_{NaCl}, F_{ace} および F_{HCl} と略称した。試料からの抽出液はまず硝酸と過酸化水素により有機物を分解後、原子吸光分光光度法により定量した。

糖類は 80% エチルアルコール 50 ml で、100°C 1 時間の抽出を 3 回繰返し、粗澱粉は 0.7N-塩酸 50 ml で 2.5 時間加水分解を行い、それぞれの抽出液は除蛋白後ソモジイ法により定量した。

実 験 結 果

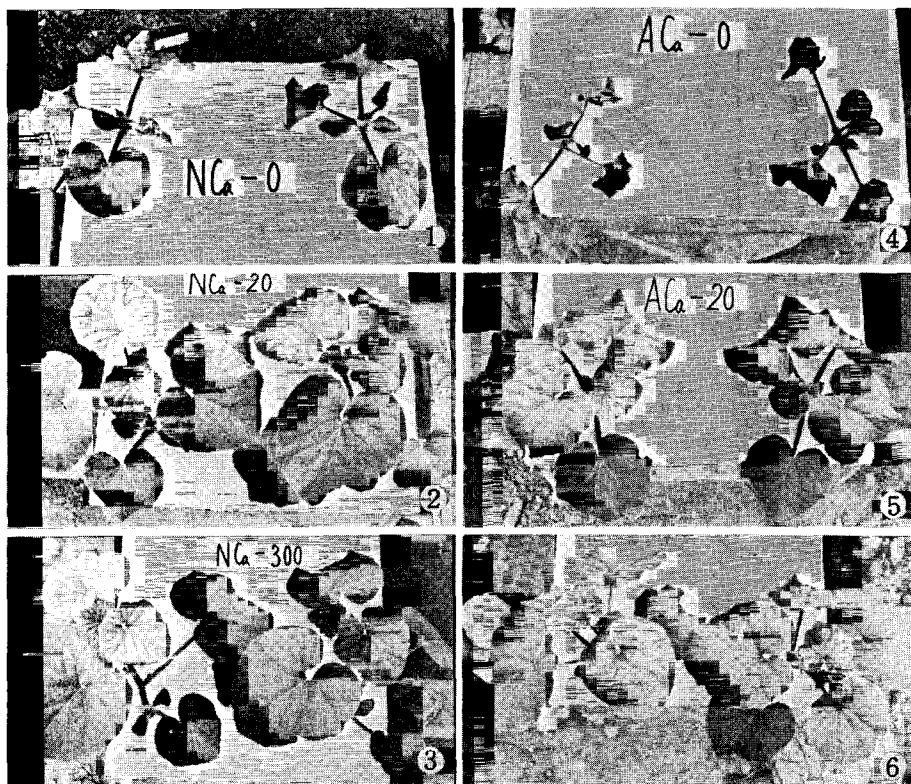
1) 生育状況と生育調査

Ca 欠乏症は処理開始後わずか 2 日目に NCa₀ 区に認められ、ネクロシスが第 3 葉に、クロロシスが第 2 葉に現われた。一方 ACa₀ 区では生長点が黄緑色となり、根は褐変し、更に処理日数が経過しても、新根はほとんど発生せず、根の褐変程度は進んで水浸状になり、4 日目には泥状になって培養液が白濁した。また ACa 系列の葉はしわが寄り、萎凋するものや杯状になるものも出て、葉柄は下垂し、第 2 報および第 3 報同様、NH₄⁺ の影響と認められる症状が現われ、これらの症状は Ca の供給濃度の上昇により、幾分軽減した。処理 10 日目の生育調査時には、NCa₀, ACa₀ の両区は Ca 欠乏症状がひどく、枯死する株も現われ、NCa₂₀, ACa₂₀ の両区には軽度の症状が認められるにとどまり、その他の処理区には全く Ca 欠乏症は認められなかつた (第 1 図)。

次に生育調査の結果は第 1 表に示したとおりである。展開葉数は NCa₀, ACa₀, ACa₂₀ の 3 区が少ない以外、他の処理区はすべて 7 枚であつた。葉長、茎葉生体重、根長および根生体重はいずれも NCa 系列 > ACa 系列の傾向があり、そのうち茎葉生体重において ACa 系列中最大の ACa₃₀₀ 区が軽度の Ca 欠乏症の認められる NCa₂₀ 区より低い値を示すことは、ACa 系列メロンが Ca 以外の要因により生育を抑制されたことを示唆している。

2) 無機養分の含量と吸収量

無機養分の含量は第 2 図に示したとおりである。枯死株の出た ACa₀ 区では脱水現象のため無機養分の濃縮が生じた以外、培地の Ca 濃度の上昇とともに



第 1 図. N の供給形態および Ca 濃度とメロンの生育 (処理 10 日目).

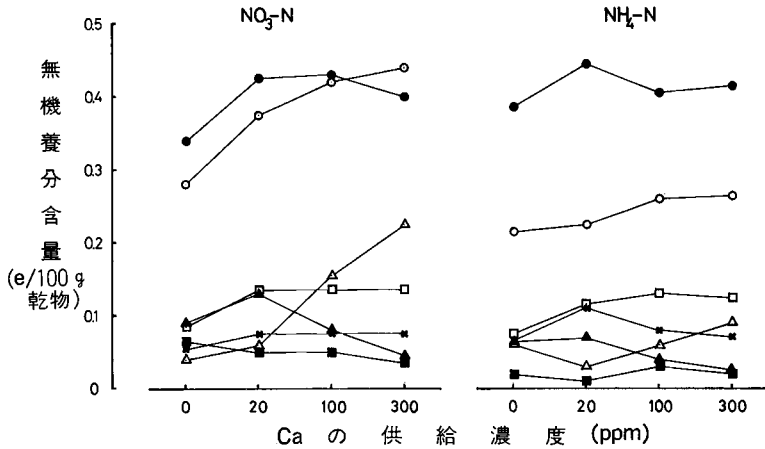
- 1: $\text{NO}_3\text{-N}$ 100 ppm, Ca-0 ppm 4: $\text{NH}_4\text{-N}$ 100 ppm, Ca-0 ppm
 2: $\text{NO}_3\text{-N}$ 100 ppm, Ca-20 ppm 5: $\text{NH}_4\text{-N}$ 100 ppm, Ca-20 ppm
 3: $\text{NO}_3\text{-N}$ 100 ppm, Ca-300 ppm 6: $\text{NH}_4\text{-N}$ 100 ppm, Ca-300 ppm

第 1 表. N の供給形態および Ca 濃度とメロンの生育.

| Ca 濃度 | | 調査項目 (ppm) | 展開葉数 (枚) | 茎 長 (cm) | 茎葉生体重 (g) | 根 長 (cm) | 根生体重 (g) |
|------------------------------------|-----|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| N の形態 | | | | | | | |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ (NCa 系列) | 0 | 0 | 4 | 6.4 | 11.8 | 47 | 3.3 |
| | 20 | 20 | 7 | 15.5 | 40.1 | 72 | 16.5 |
| | 100 | 100 | 7 | 23.5 | 53.0 | 89 | 22.7 |
| | 300 | 300 | 7 | 23.5 | 54.3 | 106 | 26.2 |
| $\text{NH}_4\text{-N}$ (ACa 系列) | 0 | 0 | — | — | 4.9 | 50 | — |
| | 20 | 20 | 6 | 8.8 | 24.8 | 41 | 11.0 |
| | 100 | 100 | 7 | 17.5 | 37.9 | 54 | 14.5 |
| | 300 | 300 | 7 | 19.1 | 38.0 | 47 | 18.2 |

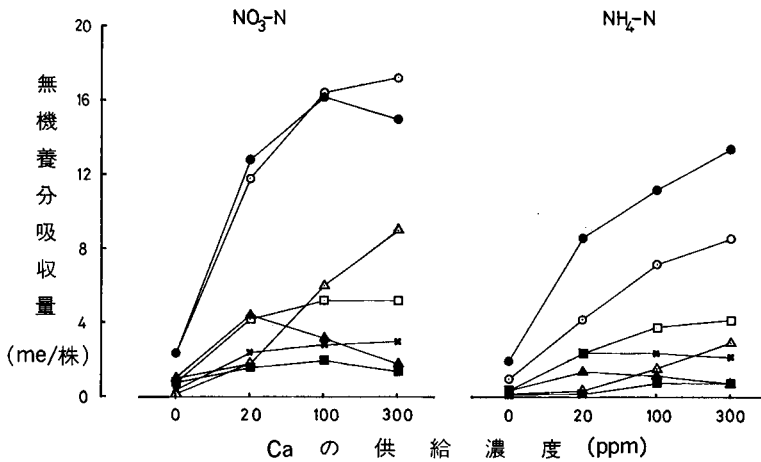
メロンの Ca 含量は急激に高まり、その上昇割合は ACa 系列より NCa 系列で著しく、NCa₃₀₀ 区の 0.225 e/100 g は ACa₃₀₀ 区の 0.091 e/100 g の 2 倍以上の高い値を示した。一方 Ca 欠乏症の発生した NCa₀, ACa₀, NCa₂₀, ACa₂₀ の 4 区はいずれも 0.060 e/100 g 以下の低い値を示した。Ca の濃度が 0 ppm から 20 ppm に上昇するに従い、N, P, K,

Mg の含量は高くなるが、更に Ca 濃度が高まっても、ほとんど変化が認められず、逆に Mg 含量は減少する傾向を示した。また N と総塩基の含量は類似の推移を示し、その含量の差は ACa 系列 > NCa 系列で、総塩基含量は NCa 系列では Ca 欠乏症の発生した NCa₀, NCa₂₀ の両区では低い値を示したが、NCa₁₀₀, NCa₃₀₀ の両区はそれぞれ 0.421 e/100 g,



第 2 図. N の供給形態および Ca 濃度と無機養分含量.

● N □ K △ Ca × P
○ K+Ca+Mg+Na ■ Na ▲ Mg



第 3 図. N の供給形態および Ca 濃度と無機養分吸収量.

● N □ K △ Ca × P
○ K+Ca+Mg+Na ■ Na ▲ Mg

0.438 e/100 g と高い値を示し, A_{Ca100} 区の 0.262 e/100 g, A_{Ca300} 区の 0.265 e/100 g より 0.150 e/100 g 以上も高い値を示した.

処理 10 日間の無機養分の吸収量は第 3 図に示したとおりである. Ca の濃度の上昇は Ca の吸収量を顕著に増加させ, 同時に N, P, K の吸収を促進した. Mg の吸収量は Ca 濃度が 20 ppm 以上になると含量の場合同様減少した. このことは Ca と Mg の吸収の間に拮抗関係が存在することを示唆している.

茎葉中の Ca を形態別に分画定量した結果は第 4 図

のとおりである. 各分画とも A_{Ca0} 区を例外として, Ca の含有率は Ca の供給濃度の増大とともに高くなる傾向が認められる. 分画相互を比較すると, N_{Ca} 系列では $F_{ace} > F_{NaCl} > F_{H_2O} > F_{HCl} > F_{a1c}$, A_{Ca} 系列では $F_{NaCl} > F_{H_2O} > F_{ace} > F_{HCl} > F_{a1c}$ の関係があり, A_{Ca} 系列は N_{Ca} 系列に比較して, F_{ace} と F_{HCl} の両画分の含有率が著しく低く, F_{NaCl} もやや低い傾向を示し, 全 Ca 含有率に対する割合は F_{NaCl} と F_{H_2O} において高い値を示した.

3) N 化合物の含有率

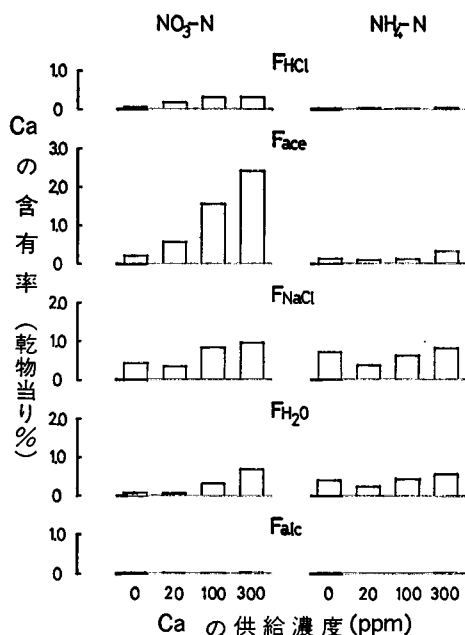
N 化合物の含有率は第 2 表に示したとおりである.

Ca 濃度の上昇は NCa 系列では水溶性有機態Nの含有率を低下させ、ACa 系列では NH₄-N と水溶性有機態Nの含有率を低下させた。水溶性有機態Nの含有率は ACa 系列 > NCa 系列の関係にあり、不溶性有機態Nの含有率は Ca 無施用区で低い値を示したが、Ca 濃度が 20 ppm 以上になると両系列とも約 4% の値を示した。

次に遊離アミノ酸およびアミドの分析結果を第3表に示した。その結果によると各アミノ酸およびアミド含量においては水溶性有機態N同様 ACa 系列 > NCa 系列の関係が認められ、Ca 濃度の上昇にともなつて両系列とも含量が低くなる傾向を示したが、Ca 濃度が 100 ppm と 300 ppm では、ほとんど差が認められなかつた。NCa 系列では NCa₀ 区のグルタミン酸含量が 96.16 μmol/g と著しく高い値を示したが、一方 ACa₀ 区はグルタミン酸とグルタミンの含量が異常に高い値を示した。ACa 系列の含量が NCa 系列のものより著しく大なる遊離アミノ酸およびアミドとしてアルギニン、セリン、グリシン、アラニン、グルタミン酸、グルタミンが挙げられる。

4) 炭水化物の含有率

炭水化物の含有率は第4表に示したとおりである。Ca の濃度が高くなるにつれて、粗澱粉の含有率は ACa 系列では増加し、反対に NCa 系列では減少する傾向が認められた。糖については還元糖、非還元糖の含有率ともに、Ca 濃度の増加により減少する傾向が認められ、いずれの糖も ACa 系列 > NCa 系列の傾向が認められ、両系列ともに還元糖 > 非還元糖の関係が存在した。Ca 無施用区は、試料不足のために粗澱粉の含有率の定量が行えなかつたが、還元糖および非還元糖の含有率から NCa 系列では、糖代謝が順調に行われているために還元糖の含有率が低く、それに比べ ACa 系列では還元糖の含有率が高く、糖が十分に活用されていないことを示すと解釈される。同様の



第4図. Nの供給形態および Ca 濃度と Ca の形態別分画.

ことは ACa 系列の非還元糖の含有率が NCa 系列のものより高い値を示すことから明らかである。ACa 系列における糖代謝の不調は Ca の供給濃度を高めるとある程度改善されるが、Ca の供給増のみでは NCa 系列の生育にはおよばず、このことから ACa 系列には Ca 以外の生育阻害因子の存在が明らかとなる。

考 察

1) 生育調査

Prjanischnikov (1933, 1934) は一般にNの給源として、NH₄-N が NO₃-N に劣るが、培養液中の pH の値と Ca の濃度が適当であれば NH₄-N も良好な

第2表. Nの供給形態および Ca 濃度と N 化合物の含有率 (乾物当たり%)。

| Nの形態 | N 画分 | | NO ₃ -N | NH ₄ -N | 水溶性 有機態-N | 不溶性 有機態-N | T-N | 水溶性 有機態-N T-N |
|--------------------------------|----------------|--|--------------------|--------------------|--------------|--------------|------|---------------------|
| | Ca 濃度 (ppm) | | | | | | | |
| NO ₃ -N (NCa 系列) | 0 | | 0.722 | 0.012 | 1.53 | 2.53 | 4.79 | 31.9 |
| | 20 | | 1.127 | 0.027 | 0.82 | 3.98 | 5.95 | 13.8 |
| | 100 | | 1.115 | 0.026 | 0.76 | 4.15 | 6.05 | 12.6 |
| | 300 | | 0.873 | 0.013 | 0.80 | 3.90 | 5.59 | 14.3 |
| NH ₄ -N (ACa 系列) | 0 | | 0.040 | 0.099 | 2.90 | 2.35 | 5.39 | 53.8 |
| | 20 | | 0.010 | 0.082 | 2.09 | 4.07 | 6.25 | 33.4 |
| | 100 | | 0.017 | 0.040 | 1.56 | 4.06 | 5.68 | 27.5 |
| | 300 | | 0.035 | 0.047 | 1.52 | 4.20 | 5.80 | 26.2 |

第 3 表. N の供給形態および Ca 濃度と各種遊離アミノ酸およびアミド含量 ($\mu\text{mol}/\text{乾物 g}$).

| N の 形 態 Ca 濃度 (ppm) アミノ酸 およびアミド | $\text{NO}_3\text{-N}$ | | | | $\text{NH}_4\text{-N}$ | | | |
|---|------------------------|--------|-------|-------|------------------------|--------|--------|--------|
| | 0 | 20 | 100 | 300 | 0 | 20 | 100 | 300 |
| lysine | 2.25 | 1.37 | 1.38 | 1.60 | 7.85 | 4.59 | 3.62 | 3.36 |
| histidine | 3.26 | 0.27 | 0.30 | 0.29 | 12.35 | 2.41 | 1.06 | 1.01 |
| arginine | 4.45 | 1.95 | 2.09 | 1.94 | 30.43 | 29.36 | 18.47 | 17.81 |
| aspartic acid | 3.93 | 2.63 | 2.72 | 3.04 | 5.12 | 2.12 | 1.91 | 2.12 |
| asparagine | 3.40 | 1.29 | 1.06 | 1.32 | 8.59 | 3.44 | 0.48 | 3.33 |
| threonine | 7.51 | 3.66 | 3.25 | 3.28 | 14.37 | 5.09 | 4.78 | 5.64 |
| serine | 7.86 | 5.52 | 4.35 | 5.57 | 16.66 | 24.61 | 16.66 | 12.82 |
| glutamic acid | 91.16 | 26.85 | 15.31 | 14.71 | 169.53 | 103.55 | 49.22 | 62.48 |
| glutamine | 3.12 | 4.21 | 0.13 | 0.01 | 96.95 | 46.66 | 15.12 | 20.52 |
| proline | 1.51 | 2.77 | 2.60 | 3.25 | 4.05 | 3.07 | 3.66 | 4.29 |
| glycine | 16.99 | 10.46 | 10.42 | 7.72 | 14.41 | 23.00 | 10.91 | 13.95 |
| alanine | 25.76 | 39.35 | 33.10 | 29.30 | 41.02 | 41.34 | 42.89 | 53.65 |
| valine | 6.39 | 4.09 | 3.06 | 3.55 | 11.78 | 3.77 | 4.15 | 4.83 |
| methionine | 0.66 | 0.50 | 0.50 | 0.68 | 1.26 | 0.98 | 1.28 | 1.26 |
| isoleucine | 2.70 | 1.91 | 1.84 | 2.37 | 3.10 | 1.69 | 2.76 | 3.27 |
| leucine | 5.98 | 4.67 | 5.80 | 6.59 | 10.72 | 7.15 | 8.83 | 9.71 |
| tyrosine | 0.74 | 0.85 | 0.91 | 1.12 | 2.89 | 1.68 | 2.00 | 1.79 |
| phenylalanine | 1.52 | 1.21 | 1.17 | 1.42 | 5.69 | 1.59 | 2.09 | 2.45 |
| total | 189.19 | 113.56 | 89.99 | 87.76 | 456.75 | 306.10 | 189.90 | 224.29 |

第 4 表. N の供給形態および Ca 濃度と炭水化物の含有率 (乾物当たり%).

| N の 形 態 Ca 濃度 (ppm) | 糖の種類 | 還 元 糖 | 非 還 元 糖 | 全 糖 | 粗 澱 粉 | 還 元 糖 全 糖 |
|--|------|-------|---------|------|-------|--------------|
| | | | | | | |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ (N _{Ca} 系列) | 0 | 2.79 | 2.70 | 5.49 | — | 50.8 |
| | 20 | 0.76 | 1.15 | 1.91 | 11.08 | 39.8 |
| | 100 | 1.03 | 0.72 | 1.75 | 9.48 | 58.9 |
| | 300 | 1.05 | 1.05 | 2.10 | 8.91 | 50.0 |
| $\text{NH}_4\text{-N}$ (A _{Ca} 系列) | 0 | 3.49 | 3.08 | 6.57 | — | 53.1 |
| | 20 | 1.82 | 2.25 | 4.07 | 7.92 | 44.7 |
| | 100 | 1.97 | 1.85 | 3.82 | 9.21 | 51.6 |
| | 300 | 1.62 | 1.39 | 3.01 | 10.12 | 53.8 |

N源であると述べ、Barker *et al.* (1966b) と Maynard and Barker (1969) は $\text{NH}_4\text{-N}$ をNの給源とした培養液への炭酸カルシウム (CaCO_3) の添加は大豆の生育を促進したと報告している。これらの実験結果はNの供給形態とCaの間に深い関連があることを示唆するものである。

本実験においてCaの欠乏症はN_{Ca₀}、A_{Ca₀}、N_{Ca₂₀}、A_{Ca₂₀}の4処理区に認められたが、その様相はN_{Ca}系列とA_{Ca}系列とでは異なっていた。即ち、N_{Ca}系列は上位葉の葉肉部が黄化後、葉縁からネクロシスを生じたが、A_{Ca}系列はあまり黄化しないままネクロシスを生じた。Ca欠乏症の顕著なCa無施用区は一般に認められているように(山崎, 1975)、根の發育は悪く、褐変も著しく、新根もほとんど発生せず、処理日数の経過とともに水浸状または泥状となり、A_{Ca₀}区では枯死株が出現した。しかし

Caの供給濃度が同一の場合、N_{Ca}系列とA_{Ca}系列との間にCa欠乏症状の程度の差は認め難く、ただA_{Ca}系列のメロンの葉色が本報告第1報(花田, 1980a)のA系列におけると同様、濃緑色を呈した。

次に生育量の調査から、Ca欠乏症の著しいCa無施用区では展開葉数、莖長、莖葉生体重および根生体重のいずれもが極端に低い値を示した。CaはKと異なり、欠乏した場合に古い部位から新しい部位への転流がほとんどないため、Caの供給停止は本報告第3報(花田, 1980c)のKの場合より短い日数で欠乏症状が出現し、生育を抑制した。しかしCaの供給増により莖葉生体重は両系列ともに増加したが、その増加割合はN_{Ca}系列がA_{Ca}系列より大きく、A_{Ca}系列最大のA_{Ca₃₀₀}区がN_{Ca₂₀}区より劣った。このことは、A_{Ca}系列メロンがCaの供給濃度以外の要因、即ち NH_4^+ の吸収により生育を低下したと解釈

される。

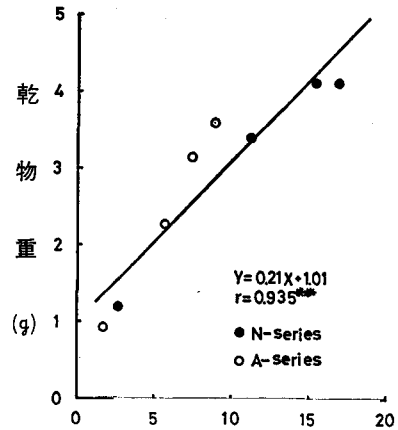
2) 無機養分

以上のような生育を行うメロンの無機養分吸収の上での特徴として、Ca 含量は Ca の供給濃度の増大につれて、両系列ともに明らかに上昇する傾向が認められた。その上昇割合は生育量におけると同様 Aca 系列より Nca 系列において著しく、Aca 系列のメロンでは NH_4^+ の吸収により Ca^{2+} の吸収が抑制されたと考ええる。

Ca^{2+} と他の無機イオンの相互作用については、従来から Ca^{2+} が Mg^{2+} の吸収を拮抗的に減少させることが知られている(高橋・吉田, 1957)。本実験では Ca の吸収増は N, P, K の吸収を促進し、一方 Mg については Ca の供給濃度 100 ppm 以上の場合、吸収を抑制した(第3図)。更に総塩基の吸収と N の吸収との間には相助作用が存在し、いずれも Ca の吸収量の増加とともに増大した。しかし Nca 系列は N と総塩基の当量数がほとんど等しい値を示したが、Aca 系列では Nca 系列より総塩基含量がかなり低かった。このことは本報告の第1報(花田, 1980a) から明らかなように、 NH_4^+ が NO_3^- と異なり Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ の吸収を抑制する(Kirkby and Mengel, 1967) ことに基因するもので、K, Ca, Mg の吸収量が相対的に少ない Aca 系列は乾物重においても低い値しか示さないことになる(第5図)。

次に Ca の植物体内における存在形態と生理的機能の上から考察を試みるため、Ca の形態別の分画を行った。その結果、Aca 系列は Nca 系列に比べて、 F_{NaCl} がやや低く、 F_{ace} , F_{HCl} の両画分は Nca 系列より著しく低い値を示した。

Ca の分画は太田ら(1970)、岩田(1962)、高橋・吉田(1957)、橋本・岡本(1954)、Itoh and Hatanoto(1960) がそれぞれ試みているが、分画のための抽出剤が異なるため、測定結果の直接の比較は困難であるが、 F_{NaCl} 画分が蛋白態、 F_{ace} がペクチン態、 F_{HCl} がシュウ酸塩の形態の Ca であることは、おおかたの意見の一致するところである。これらの F_{NaCl} , F_{ace} および F_{HCl} の3形態の Ca は生理的、代謝的ならびに生育上重要な役割を果たしていると考えられる。即ち蛋白質と結合した Ca は酵素反応の賦活剤として代謝活性を高め、ペクチン質と結合した Ca は細胞のミドルメラの構成成分として細胞膜の形成や器官および個体の機械的強度の保持に重要な役割を果たし、更に Ca は不溶性の Ca 塩となることにより



K, Ca, Mg の吸収量の和(me)
第5図. K, Ca, Mg の吸収量の和と乾物重の相関関係 (** 1%水準で有意)。

有害なシュウ酸の集積を防いでいる。

本実験におけるメロンの Ca 欠乏の外観的特徴である葉のしわや萎凋し易さ、葉柄の下垂、根のゼラチン化(橋本, 1955) および文献(Geraldson, 1957)に見られるトマトやトウガラシの尻腐れ、セルリーの芯腐れなどはペクチン態 Ca の含有率の低下に起因するものと推察される。

以上の Ca の分画において、 F_{NaCl} , F_{ace} および F_{HCl} が Aca 系列より Nca 系列において高く、また $F_{\text{H}_2\text{O}}$ が反対に Nca 系列より Aca 系列において高い傾向を示すことは、本報告の第1報(花田, 1980a)の実験結果と一致している。Aca 系列におけるこれらの画分の含有率は Ca の供給濃度を高めても、その割に高まらず、N の供給形態である $\text{NH}_4\text{-N}$ に強く影響されることを示している。

これらのことから養分吸収における特徴を要約すると、Aca 系列メロンは Nca 系列のものに比較して、相対的に塩基含量が低く、その上水不溶性 Ca 画分の含有率も低い値を示す。これらの事実はメロンが NH_4^+ を吸収したことに基因するもので、そのために細胞の代謝活性は低下し、そのことが生育量低下の一因になつたと考える。

3) N 化合物

従来から、植物が培地から NH_4^+ を吸収すると培地の pH が低くなり、生育が阻害されることが認められている。その際 CaCO_3 を添加して根圏の pH が中性附近に保たれると、根に吸収された NH_4^+ は根でアミノ酸およびアミドに同化され、葉中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の含有率は高まらず、植物の生育が改善され

ることが報告されている (Barker *et al.*, 1966 a, b; Maynard and Barker, 1969). しかし植物体内に吸収されたNの同化と Ca の関係についての報告はほとんどない。

本実験の結果から, NCa 系列の NCa₀ 区はNの吸収量が少ない割に NO₃-N の含有率が高く, 同様に Aca₀ 区も NH₄-N の含有率 0.099% と Aca 系列の中で最も高い値を示すことから, Ca の欠乏が大なり小なり NO₃-N の還元, NH₄-N の有機化に関連を有することを示唆している. 更にこれらと合わせて, Ca 無施用区と Aca 系列の水溶性有機態Nの含有率が高いことおよび Ca 無施用区の不溶性有機態Nの含有率が低いことは, アミノ酸から蛋白質への合成過程に何等かの支障があった (Steinberg *et al.*, 1950) ことを推察させる。

更に遊離アミノ酸およびアミド含量は Nca₀ 区ではグルタミン酸が最も高く, その他の Nca 系列の処理区は各遊離アミノ酸およびアミドともに定常的に低い含量を示した. 一方 Aca 系列の Ca₀, Ca₂₀ の両区はグルタミン酸をはじめとして遊離のアミノ酸やグルタミン含量が顕著に高い値を示した. このことから, Ca の欠乏と NH₄⁺ の過剰吸収は, 炭素 (C) 骨格が NH₄⁺ の解毒に使われ, メロン体内の正常な代謝機能を低下させたと理解される。

4) 炭水化物

Ca と炭水化物の関係については, 第1報 (花田, 1980 a), 第2報 (花田, 1980 b), 第3報 (花田, 1980 c) において N の供給形態が NH₄-N の場合に高かったと同様, 各糖, 粗澱粉とも Aca 系列が Nca 系列より高かった. このことは K の場合と同様に Ca においても, Aca 系列では植物体内の C 代謝が円滑に運ばず, N 代謝に対するエネルギー供給と C 骨格の供給が不十分であったと考える. この原因は N 源としての NH₄-N の使用に存するもので, NH₄⁺ による生育障害は Ca の供給濃度を高めるとある程度改善されるが, 完全には回復しないことを示している。

以上のことをまとめると, Ca の欠乏は N 代謝および C 代謝に顕著に影響する. とくに N 源が NH₄-N の場合には NO₃-N の場合程に Ca 含量は高まらず, メロンは NH₄⁺ による生育障害を強く受ける. このことは, NH₄⁺ が体内の代謝活性を低下させる結果, エネルギーの発生および C 骨格の供給能を低下すると同時に, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ の吸収をも抑制するために, N 代謝が強く影響を受ける (花田, 1980 a) ものと考える。

要 約

本研究は温室メロンのN栄養に関する研究の第4報として, Ca の供給濃度の増大がメロンの生育と二つのN形態, 即ち NH₄-N と NO₃-N の吸収および同化におよぼす影響を明らかにするために実験を行ったものである. その結果は次のように要約できる。

1) Ca 欠乏症は Nca₀, Aca₀, Nca₂₀, Aca₂₀ の4処理区に認められた. Ca の供給濃度の増大はメロンの生育量を高めたが, その上昇割合は Aca 系列より Nca 系列において著しかった。

2) Aca 系列のうちで最大の生育量を示す Aca₃₀₀ 区が軽度の Ca 欠乏症の認められる Nca₂₀ 区より劣った. このことは, Aca 系列メロンの生育が Ca 以外の要因, 即ち NH₄⁺ の影響を強く受けたことを示している。

3) Aca 系列では Ca の供給濃度を 300 ppm に高めても, 総塩基含量は 0.270 e/100 g 以上には高まらなかった. また F_{NaCl}, F_{ace}, F_{HCl} の三つの Ca 画分の含有率も Nca 系列のものより低い値を示した. これらのことは, Aca 系列のメロンが NH₄⁺ を吸収したことを示すと同時に, Ca の供給濃度を高めても NH₄⁺ の影響を回避できないことを示唆している。

4) Aca 系列ではグルタミン酸やグルタミンなどの水溶性有機態Nの含有率が高く, その上 T-N の含有率に対する水溶性有機態Nの含有率の比も大きい値を示した. このことは, Aca 系列メロンが NH₄⁺ の吸収によりアミノ酸の蛋白質への合成に何等かの支障を生じたことを示している。

5) Aca 系列メロンでは正常に生育している Nca 系列のものに比べ, 還元糖, 非還元糖および粗澱粉の含有率が異常に高い値を示した. このことから Aca 系列においては, C 代謝と N 代謝のいずれもが正常に行なわれず, エネルギーと C 骨格が NH₄⁺ の解毒のために使用されたものと推察される。

以上のことから結論として, Aca 系列におけるメロンの生育不良の原因は N 源としての NH₄-N の使用に存するものである. NH₄⁺ によるメロンの生育障害は Ca の供給濃度を高めるとある程度改善されるが, P, K の場合同様完全に回復せず, 依然として NH₄⁺ の障害が残る。

文 献

Barker, A. V., R. J. Volk and W. A. Jackson

- 1966 a Growth and nitrogen distribution patterns in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to ammonium nutrition: I. Effects of carbonates and acidity control. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30: 228-232
- Barker, A. V., R. J. Volk and W. A. Jackson 1966 b Root environment acidity as a regulatory factor in ammonium assimilation by the bean plant. *Plant Physiol.*, 41: 1193-1199
- Geraldson, C. M. 1957 Factors affecting calcium nutrition of celery, tomato, and pepper. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21: 621-625
- 花田勝美 1980 a 温室メロンの窒素栄養に関する研究 第1報 窒素の給源とメロンの生育. 九大農学芸誌, 34: 67-79
- 花田勝美 1980 b 温室メロンの窒素栄養に関する研究 第2報 窒素の給源と燐の供給農度. 九大農学芸誌, 34: 133-141
- 花田勝美 1980 c 温室メロンの窒素栄養に関する研究 第3報 窒素の給源とカリウムの供給農度. 九大農学芸誌, 34: 143-151
- 橋本 武 1955 作物のマグネシウム栄養に関する研究 (第4報) 作物の Mg, Ca, K の関係. 土肥誌, 26: 19-22
- 橋本 武・岡本 守 1954 作物のマグネシウム栄養に関する研究 (第3報) 大豆の莢及び種実に於けるマグネシウムとカルシウムの含量. 土肥誌, 24: 281-282
- Itoh, H. and T. Hatano 1960 A study of the calcium in legum forage. *Tohoku J. Agr. Res.*, 11: 133-146
- 岩田正利 1962 窒素形態の差異と蔬菜の生育 (第3報) 培養液の各種陽イオン濃度ならびに pH との関係. 園学誌, 31: 39-52
- Kirkby, E. A. and K. Mengel 1967 Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition. *Plant Physiol.*, 42: 6-14
- Maynard, D. N. and A. V. Barker 1969 Studies on the tolerance of plants to ammonium nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94: 235-239
- 太田安定・山本和子・出口正夫 1970 カルシウム供給量, 葉位, 個体の生育段階の違いが水稲生葉内カルシウムの化学形態別分布におよぼす影響. 各種植物体内カルシウムの化学形態別分布 (第1報). 土肥誌, 41: 19-26
- Prjanischnikov, D. 1933 Über die äutzeren und inneren Bedingungen der Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs durch die Pflanzen. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.*, 30: 38-82
- Prjanischnikov, D. 1934 Über die äutzeren und inneren Bedingungen der Ausnutzung des Ammoniakstickstoffs durch die Pflanzen. Teil II. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.*, 33: 134-169
- Skok, J. 1941 Effect of the form of the available nitrogen on the calcium deficiency symptoms in the bean plant. *Plant Physiol.*, 16: 145-158
- Steinberg, R. A., J. D. Bowling and J. E. Mc-Mutrey, Jr. 1950 Accumulation of free amino acids as a chemical basis for morphological symptoms in tobacco manifesting frencing and mineral deficiency symptoms. *Plant Physiol.*, 25: 279-288
- 高橋達郎・吉田大輔 1952 たばこ植物の栄養に及ぼす各種イオンの相互作用について (第1報) 培養液のアンモニア態, 硝酸態窒素と陽イオンとの関係. 土肥誌, 23: 42-46
- 高橋達郎・吉田大輔 1957 タバコ植物の栄養に及ぼす各種イオンの相互作用について (第4報) Mg と K, Ca の相互作用. 土肥誌, 27: 468-471
- Torres de Classen, M. E. and G. E. Wilcox 1974 Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99: 171-174
- Wilcox, G. E., J. E. Hoff and C. M. Jones 1973 Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom end rot of tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 98: 86-89
- 山崎肯哉 1967 蔬菜の肥培. 地球出版, 東京
- 山崎 伝 1975 微量要素と多量要素 土壌・作物の診断・対策. 博友社, 東京

Summary

This report, as the fourth on studies of nitrogen nutrition for muskmelon, deals with the results of experiment to clarify the influence of increased calcium concentration in nutrient solution upon the growth of melon and the absorption and assimilation of two forms of nitrogen, $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$, in the tissue of it. The results obtained are summarized as follows.

1. Calcium deficiency of melon was recognized in four plots, NCa_0 , ACa_0 , NCa_{20} and ACa_{20} . The increased calcium concentration in nutrient solution promoted the growth of melon, but NCa -series was promoted more remarkably in its

growth than ACa-series.

2. The melons of ACa₃₀₀ were, in spite of their maximum growth among the ACa-series, far less in their growth than those of NCa₂₀ which had slightly revealed calcium deficiency. This fact indicates that the growth of ACa-series was remarkably affected by other factors except the calcium concentration in nutrient solution, namely by NH₄⁺.

3. In ACa-series, even when supplied with calcium concentration up to 300 ppm, the base content in total was not more than 0.270 e/100 g. Furthermore, the content of three calcium fractions, F_{NaCl}, F_{ace}, F_{HCl} of ACa-series were lower than those of NCa-series. These facts suggest that the melons of ACa-series absorbed NH₄⁺ and at same time, they could not avoid the influence of it, however high calcium concentration be supplied.

4. In ACa-series, not only the content of water soluble organic nitrogen such as glutamic acid, glutamine and others was high, but also its ratio to total nitrogen was higher than that in NCa-series. This fact shows that NH₄⁺ absorbed in the melons of ACa-series caused some troubles in the synthesis from amino acids to protein of these melons.

5. Compared with the melons of NCa-series in normal growth, those of ACa-series were much higher content of reduced sugar, non-reduced sugar and crude starch. This fact suggests that the carbon and nitrogen metabolism in ACa-series could not be carried out normally and both energy and carbon skeleton were used to counteract NH₄⁺.

From the above results, it is concluded that the restricted growth of melons of ACa-series may be due to the use of NH₄-N as a sole nitrogen source. The retardation of growth of melons fed with NH₄⁺ may in some degree be improved with the high concentration of calcium, however, the retardation remains just as it was not recovered completely as the case in P and K.