

ナス科果菜の生育、収量並びに溢泌液中の化学組成に及ぼす  
育苗期のジベレリンと CCC 葉面散布の影響

鐘 鈴鋒・加藤 徹

(農学部蔬菜園芸学研究室)

Influence of Foliage Application of Gibberellic Acid (GA)  
and Chlorocholine Chloride (CCC) During Period of  
Raising Seedlings on Growth, Yield and Chemical Composition of  
Xylem Exudate in Solanaceous Fruit Vegetables

Lingfeng ZHONG and Toru KATO

*Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture*

**Abstract :** Tomato (cv. Fukuzyu No. 2), eggplant (cv. Hayabusa) and sweet pepper (cv. Shinsakigakemidori) were grown in greenhouse in order to clarify the influence of foliage application of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) during period of raising seedlings on their growth, yield and chemical composition of xylem exudate

1. Foliage application of GA at 10 and 20 ppm concentrations induced the increase in rate of leaf photosynthesis, leaf area and dry weight and the reduction in chlorophyll content in seedlings of each vegetable while CCC had the reverse effect. However, foliage application of CCC at 1000 ppm concentration produced spray injury in leaves of eggplant, but did not at 500 ppm concentration. The plants treated with GA showed higher partitioning percentage of stem dry weight with higher T/R ratio but CCC increased distribution of root dry weight with lower T/R ratio, especially in tomato.
2. The seedlings sprayed with CCC at 500 and 1000 ppm concentrations grew vigorously and established a deeper and wider root system distribution with a lot of thick roots over 1 mm in diameter after transplanting, showing more nutrient absorption and cytokinin production, produced higher yield in each vegetable than control treatment but the seedlings sprayed with GA showed the reverse result. However, eggplant seedlings treated with CCC at 1000 ppm concentration had the lowest productivity.
3. The positive correlations between number of thick roots over 1 mm in diameter, cytokinin content in xylem exudate and subsequent yield in each vegetable were obtained, respectively
4. These results may conclude that seedlings sprayed with GA had higher T/R ratio and produced lower yield, but foliage application of CCC showed the reverse effect, especially in tomato.

## 緒 言

著者らはすでにナス科果菜のうち、トマトがナスとピーマンに比べて徒長しやすい素質を持っていることを明らかにした<sup>1)</sup>。植物細胞分裂及び伸長にはジベレリンが密接に関与していることが報告されていることから<sup>2)</sup>、トマトの茎の先端部にジベレリン含量が多いので、徒長しやすいのではないかと考えられる。そこで、本研究では育苗期にジベレリン (Gibberellic acid) と、CCC (Chlorocholine chloride) の葉面散布を行い、苗の生育及び光合成にどう影響が見られるかを調べるとともに処理した苗の一部を本圃に定植し、その後の生育、収量並びに溢泌液中の化学組成がどう変化するかについてナス科果菜を供試して比較調査した。

## 実験方法

トマト '福寿 2号'、ナス 'はやぶさ'、ピーマン '新さきがけみどり' を1987年6月14日に播種し、子葉展開後12cmポットに鉢上げして、育苗した。床土として土とバークを等量で作成し、窒素、リン、カリ各2 kg/a、苦土石灰12kg/aを施肥した。育苗はビニルハウス内で行い、無散布区、ジベレリン10、20 ppm 散布区、CCC 500、1000 ppm 散布区の5区を設けて7月25日から5日間おきに3回葉面散布処理した。8月10日に各処理区から6株ずつを採取し、草丈と地際から5cmの茎の太さを測定するとともに光合成 (LI-6200携帯用光合成蒸散測定装置)、葉面積とクロロフィル含量 (80% アセトンで抽出し、分光光度計による吸光度で) をそれぞれ測定した。植物体を葉、茎 (葉柄を含む) と根に分けて乾燥後各部位の乾物重を測定した。また苗の一部を本圃に定植した。本圃の元肥として窒素、リン、カリ各2 kg/a、苦土石灰12kg/aを施肥した。うね幅は各作物とも130cmで、株間はトマトで40cm、ナスとピーマンで70cm、1列植えて、乱塊法で1区3株の4反復とした。トマトは1本仕立てで、側芽は早期に除去した。ナスとピーマンは4本仕立てで、側枝は1節で摘心した。10月下旬と11月中旬に2回住友液肥1号を5リットル/aを100倍にうすめて追肥した。灌水はドリップ方式で、消毒は適宜行った。

トマト、ナスの結実を促進するためにトマトトーン100倍液で単花処理した。出荷時の大きさあるいは熟度に達した果実を収穫し、重さを測定した。12月20日に地際から約10cmで茎を切断し、既報<sup>3)</sup>と同じように切株にゴム管を差し込んで朝8時から翌日まで計24時間根からの溢泌液を採集した。集められた溢泌液は-20℃の冷凍庫に分析使用時まで貯蔵した。最後に株の生育および根系分布を調べた。各株は葉、茎 (葉柄を含む)、根に分けて生体重を測定するとともに80℃で乾燥させて乾物重を測定した。また株元を中心に半径20cm、深さ30cm掘り取った円筒内の根について、直根、一次根、二次根などの直径1mm以上の根を太根とし、その根数を調査した。

既報<sup>3)</sup>と同じように全窒素はセミマイクロケルダール法によって、リンをバナドモリブデン酸比色法によって、カリ、カルシウム並びにマグネシウムを原子吸光法によってそれぞれ測定した。また溢泌液中のサイトカイニン<sup>4)</sup>は既報<sup>4)</sup>と同じようにブタノールで抽出して高速液体クロマトグラフィーによって測定した。

## 結 果

### 1. 苗の生育及び光合成について

(1) 生育 Fig. 1と Table 1に示すように、各果菜ともジベレリン散布によって生育が促進され、乾物重が増加し、草丈が高くなったが、茎の太さが小さくなり、苗は軟弱徒長気味になり、散布液

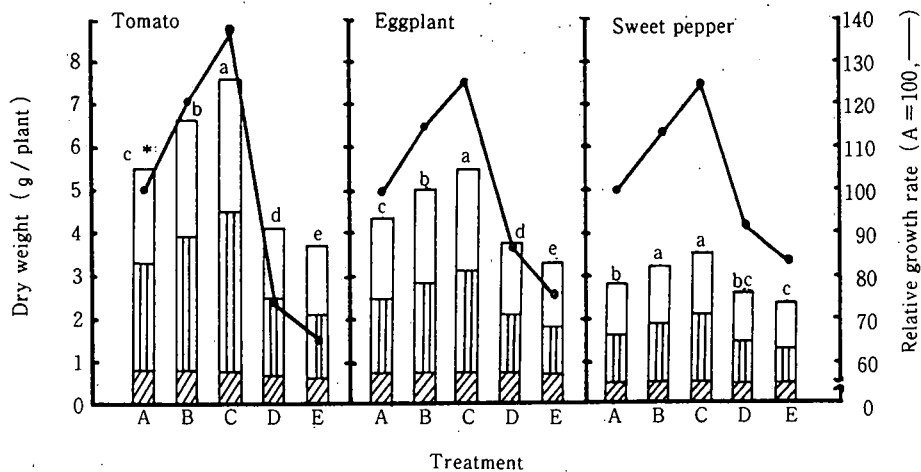


Fig. 1. Influence of foliage application of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) during period of raising seedlings on the growth in seedlings of solanaceous fruit vegetables.

A, control ; B, GA 10ppm ; C, GA 20ppm ; D, CCC 500ppm ; E, CCC 1000ppm.

□ Leaves ; ▨ Stems ; ▩ Roots.

\* Total dry weight/plant : mean separation by Duncan's multiple range test, 5 % level.

Table 1. Influence of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) on the plant height and stem diameter in solanaceous fruit vegetables

| Crop         | Treatment (ppm) | Plant height (cm) | Stem diameter (mm) |
|--------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Tomato       | Control         | 53.2              | 7.2                |
|              | GA 10           | 64.5              | 6.8                |
|              | GA 20           | 68.5              | 6.1                |
|              | CCC 500         | 44.1              | 7.4                |
|              | CCC 1000        | 39.2              | 7.7                |
| Eggplant     | Control         | 34.2              | 6.8                |
|              | GA 10           | 40.5              | 6.3                |
|              | GA 20           | 45.4              | 6.0                |
|              | CCC 500         | 29.2              | 7.1                |
|              | CCC 1000        | 27.1              | 7.3                |
| Sweet pepper | Control         | 33.6              | 5.6                |
|              | GA 10           | 38.8              | 5.2                |
|              | GA 20           | 42.6              | 4.9                |
|              | CCC 500         | 31.0              | 6.0                |
|              | CCC 1000        | 28.6              | 6.3                |

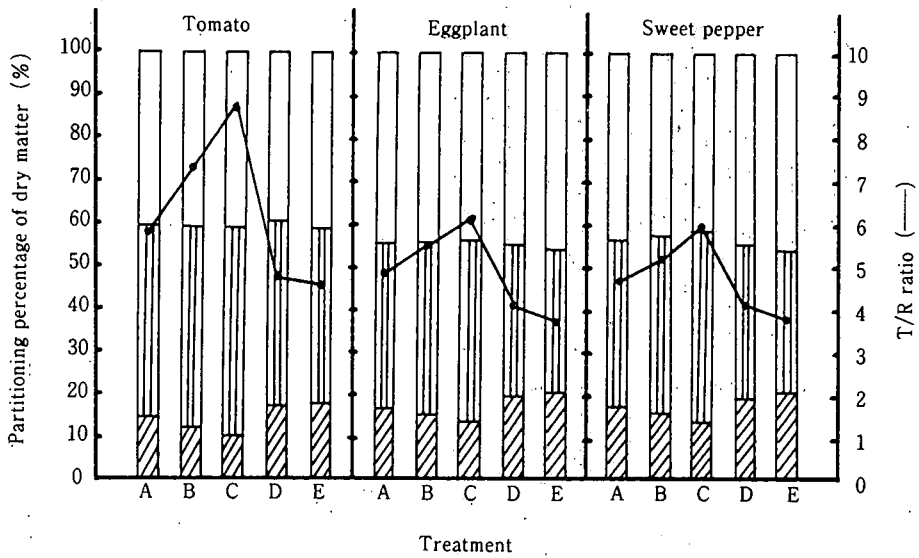


Fig. 2. Influence of foliage application of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) during period of raising seedlings on the partitioning percentage of dry matter and T/R (top : root) ratio in seedlings of solanaceous fruit vegetables.

A, control ; B, GA 10ppm ; C, GA 20ppm ; D, CCC 500ppm ; E, CCC 1000ppm.

Leaves ; Stems ; Roots.

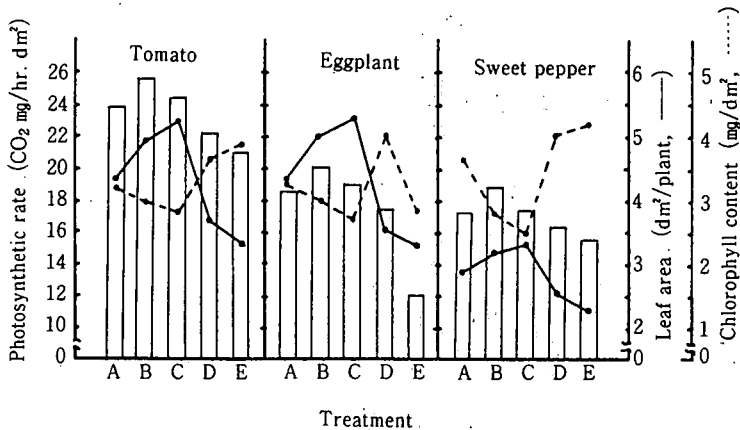


Fig. 3. Influence of foliage application of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) during period of raising seedlings on the photosynthetic rate, leaf area and chlorophyll content in seedlings of solanaceous fruit vegetables.

A, control ; B, GA 10ppm ; C, GA 20ppm ; D, CCC 500ppm ; E, CCC 1000ppm.

度が高いほどその傾向が著しくなった。果菜別では、トマトはジベレリン散布によって他果菜よりも顕著に茎の伸長が促進された。CCC散布した苗はジベレリンの場合と逆の傾向を示し、生育と草丈が抑制され、乾物重が減少し、茎が太くなった。散布濃度が高いほどその効果が大きくなった。しかしナスはCCC 1000 ppm 散布で葉に酷い葉害が見られた。ジベレリン散布によって茎への乾物分配が多くなり、T/R率(地上部重/根重比)が高くなるのに対し、CCC散布によって茎への分配が減少し、T/R率が著しく低くなった(Fig. 2)。散布濃度が高いほどその傾向が著しくなった。

(2) 光合成 光合成速度はトマトで著しく速く、次いでナス、ピーマンの順となった。各果菜とも10 ppmジベレリン散布によって苗の光合成速度は増加したが、20 ppm散布区は無散布区とはほとんど変わらなかった(Fig. 3)。CCC散布濃度が高いほど苗の光合成が低下する傾向が見られ、とくにナスのCCC 1000 ppm散布区では光合成速度が他果菜より著しく低下した。一方、ジベレリン散布は葉面積をやや増加させたものの、クロロフィル含量を低下させ、各果菜ともほぼ同様な傾向がみられた。

## 2. 本圃での生育、収量並びに溢泌液中の化学組成について

(1) 生育と収量 本圃の植物体生体重と収量は無散布区に比べてジベレリン散布区で低く、CCC散布区で高い傾向が見られたが、ナスでは例外に生育と収量がCCC 1000 ppm散布区で最も低かった(Fig. 4)。またトマトではCCC散布濃度が高いほど収量が増加する傾向が見られたが、ピーマンと同じく両CCC散布区の間には収量の有意差は見られなかった。さらに、トマトではジベレリン散布濃度が高いほど収量が有意に減少したが、ナスとピーマンでは両ジベレリン散布区の間には有意差は認められなかった。

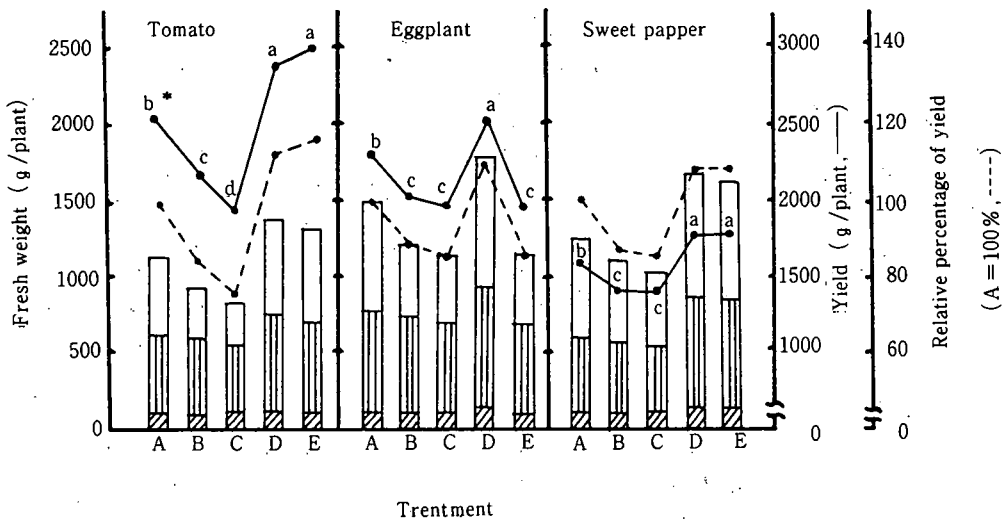


Fig. 4. Influence of foliage application of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) during period of raising seedlings on the growth and yield in solanaceous fruit vegetables.

A, control ; B, GA 10ppm ; C, GA 20ppm ; D, CCC 500ppm ; E, CCC 1000ppm.

□ Leaves ; ▨ Stems ; ▩ Roots.

\*Yield : mean separation by Duncan's multiple range test, 5 % level.

(2) 太根根数と収量との関係 直径1 mm以上の太根根数の多い株は収量が高く、逆に太根根数の少ない株は収量が低かった (Fig. 5)。太根根数と収量との間に極めて高い正の相関が認められた。

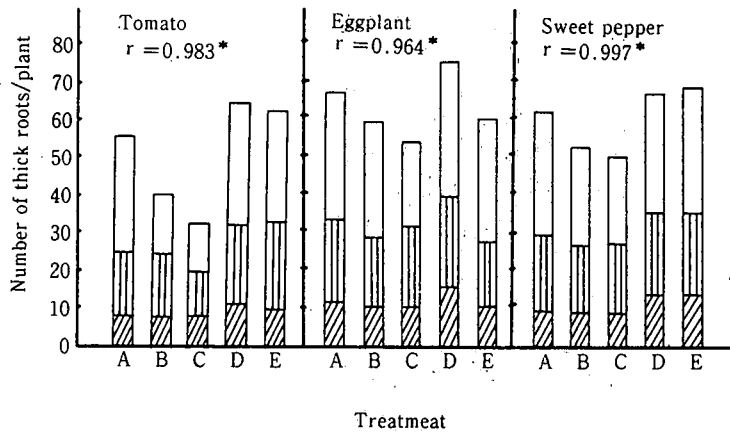


Fig. 5. Influence of foliage application of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) during period of raising seedlings on the number of thick roots over 1 mm in diameter in solanaceous fruit vegetables

A, control ; B, GA 10ppm ; C, GA 20ppm ; D, CCC 500ppm ; E, CCC 1000ppm.

\*Correlation between number of thick roots and yield, significant at 5 % level.

□ 1.0-1.9mm ; ▨ 2.0-3.9mm ; ▩ over 4 mm.

Table 2. Influence of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) on the exudation rate, trans-zeatin (T-Z) content of xylem exudate in solanaceous fruit vegetables

| Crop         | Treatment (ppm) | Exudation rate ml/hr. plant | Concentration of T-Z $\mu\text{g}/\ell$ | Amount of T-Z $\mu\text{g}/24\text{hr. plant}$ |
|--------------|-----------------|-----------------------------|---|--|
| Tomato       | Control         | 16.5                        | 5.3                                     | 2.10   |
|              | GA 10           | 13.2                        | 2.9                                     | 0.92   |
|              | GA 20           | 12.2                        | 2.5                                     | 0.73   |
|              | CCC 500         | 20.7                        | 6.5                                     | 3.23   |
|              | CCC 1000        | 19.6                        | 6.2                                     | 2.92   |
| Eggplant     | Control         | 9.0                         | 7.1                                     | 1.53   |
|              | GA 10           | 6.8                         | 4.8                                     | 0.78   |
|              | GA 20           | 7.1                         | 4.9                                     | 0.83   |
|              | CCC 500         | 11.7                        | 8.9                                     | 2.50   |
|              | CCC 1000        | 6.5                         | 4.4                                     | 0.69   |
| Sweet pepper | Control         | 7.2                         | 4.2                                     | 0.73   |
|              | GA 10           | 5.8                         | 2.6                                     | 0.36   |
|              | GA 20           | 5.6                         | 2.8                                     | 0.38   |
|              | CCC 500         | 9.2                         | 5.9                                     | 1.30   |
|              | CCC 1000        | 8.9                         | 5.8                                     | 1.24   |

(3) 溢泌速度 溢泌速度はトマトがナスとピーマンより速かった (Table 2)。各果菜ともジベレリン散布区では溢泌速度が無散布区に比べて遅く、とくにトマトの20 ppm 散布区ではその低下が著しかった。溢泌速度は CCC 散布区で速い傾向が見られたが、ナスの1000 ppm 散布区のみ無散布区より低かった。

(4) 溢泌液中のサイトカイニン Table 2 に示すように、サイトカイニン含量がナスの CCC 1000 ppm 散布区のほかにジベレリン散布区で低く、CCC 散布区で高く、とくにトマトではその傾向がより顕著であった。

Fig. 6 に示すように、根重が多いほどサイトカイニン生産量が多くなり、極めて高い相関が見られた。また溢泌液中のサイトカイニン含量と収量との間にも高い正の相関が得られた (Fig. 7)。

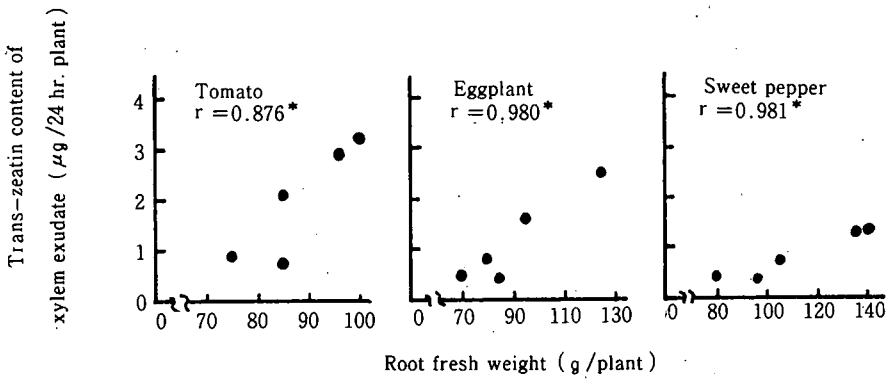


Fig. 6. Correlation between root fresh weight and trans-zeatin content of xylem exudate in solanaceous fruit vegetables.

\*Significant at 5 % level.

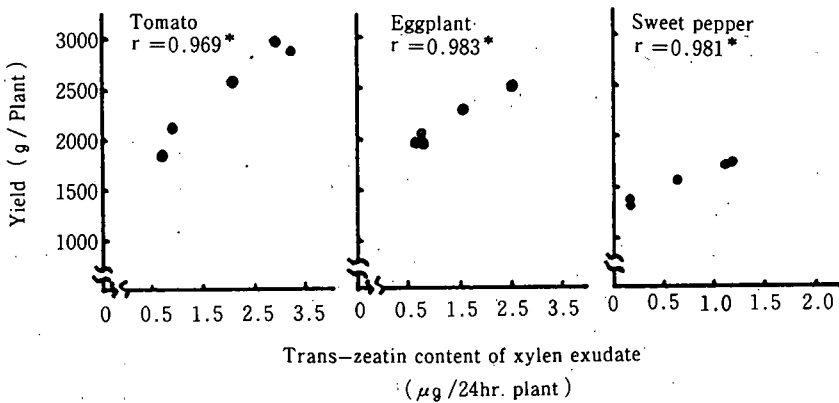


Fig. 7. Correlation between trans-zeatin content of xylem exudate and yield in solanaceous fruit vegetables.

\*Significant at 5 % level.

(5) 溢泌液中の無機成分について トマトでは全窒素濃度、リン及びカリ、ピーマンではカルシウムとマグネシウムの濃度が他果菜に比べて低かった (Table 3)。各果菜ともこれらの養分濃度

がジベレリン散布区で無散布区に比べて低く、とくにトマトのジベレリン20 ppm 散布区では養分濃度が著しく低下した。ナスの1000 ppm CCC 散布区を除いてに CCC 散布区では各果菜とも養分濃度が無散布区よりも著しく高かった。

Table 3. Influence of gibberellic acid (GA) and chlorocholine chloride (CCC) on the mineral composition of xylem exudate in solanaceous fruit vegetables

| Crop            | Treatment<br>(ppm) | N     | P    | K     |      |      | Ca | Mg |
|-----------------|--------------------|-------|------|-------|------|------|----|----|
|                 |                    |       |      | (ppm) |      |      |    |    |
| Tomato          | Control            | 210.3 | 44.2 | 179.2 | 48.7 | 28.1 |    |    |
|                 | GA 10              | 153.1 | 35.7 | 150.2 | 34.0 | 14.6 |    |    |
|                 | GA 20              | 121.4 | 30.2 | 149.2 | 33.2 | 15.0 |    |    |
|                 | CCC 500            | 293.1 | 55.0 | 231.1 | 67.9 | 34.4 |    |    |
|                 | CCC 1000           | 313.1 | 57.2 | 246.4 | 68.7 | 35.3 |    |    |
| Eggplant        | Control            | 386.2 | 65.0 | 225.5 | 87.1 | 29.9 |    |    |
|                 | GA 10              | 297.9 | 50.8 | 150.9 | 65.8 | 23.1 |    |    |
|                 | GA 20              | 268.9 | 42.1 | 165.1 | 59.5 | 23.7 |    |    |
|                 | CCC 500            | 483.5 | 78.0 | 275.2 | 95.3 | 34.1 |    |    |
|                 | CCC 1000           | 248.6 | 44.5 | 113.4 | 51.7 | 20.8 |    |    |
| Sweet<br>pepper | Control            | 386.2 | 54.1 | 301.3 | 34.9 | 24.5 |    |    |
|                 | GA 10              | 290.3 | 39.7 | 219.6 | 19.8 | 21.0 |    |    |
|                 | GA 20              | 311.0 | 32.4 | 207.9 | 23.0 | 20.1 |    |    |
|                 | CCC 500            | 478.9 | 68.5 | 381.1 | 37.8 | 27.9 |    |    |
|                 | CCC 1000           | 488.3 | 76.5 | 345.8 | 41.0 | 28.0 |    |    |

## 考 察

### 1. 苗の生育について

本実験において苗にジベレリン葉面散布によりトマト、ナスとピーマンとも株の生育が促進されたが、茎が細くなり、徒長的な生育状態となった。ほぼ同様なことが齊藤ら<sup>5)</sup>によっても報告されている。またジベレリン散布によってクロロフィル含量が減少するが、光合成が増加することが MARCELLE<sup>6)</sup>らによって報告されており、本実験の結果と一致している。これらのことから、ジベレリン散布による生育の促進は葉面積と光合成速度の増加によるのかも知れない。

一方、ジベレリンの生合成を阻害する CCC を苗に散布した結果、生育が阻害され、乾物重が減少したことが見られた (Fig. 1)。CCC あるいは BCB 散布によって細胞伸長が抑制され、草丈が短くなり、生育が阻害されることは多くの報告<sup>2,7-9)</sup>によって示されている。また葉のクロロフィル含量が CCC 散布によって増加したが、逆に葉面積と光合成が低下した (Fig. 3)。ほぼ同様なことが MARCELLE ら<sup>6)</sup>によって報告されており、本実験の結果と一致している。

### 2. 本圃の生育と収量について

齊藤ら<sup>5)</sup>はジベレリン散布によりトマトの体内炭水化物と窒素化合物含有率が減少し、花芽分化が遅れ、着花数が減少すると報告している。本実験では、ジベレリンで散布した苗を本圃に定植すると、無散布区に比べて生育と収量が著しく低い結果が見られた。ジベレリン散布により苗が徒長的な生育を示したので、定植後回復が遅く、発根力が弱かった。実験終了時の調査では、直径 1 mm



の太根根数が無散布区よりも少ない結果が得られた。とくにトマトではその傾向がナスとピーマンに比べて著しかった。また太根根数の少ない株は収量が低く、両者の間に高い正の相関が認められた。この結果は既報<sup>10)</sup>の結果と一致している。ジベレリン散布によって根の発育が不良であるので、溢泌速度が低く、溢泌液中のサイトカイニン、窒素、リン、カリ、カルシウム並びにマグネシウムの濃度が低下するとともに生育と収量の低下を招いていたものと思われる。溢泌液中のサイトカイニン含量と収量の高いに高い正の相関が、STEVENS ら<sup>11)</sup>によって報告されており、本実験の結果と一致している。

CCC 散布で苗の茎の伸長は抑制され、根への乾物分配が増加し、T/R率が低下し、充実した生長が行われた。このような苗を本圃に定植すると、回復が早く、発根力が強かった。その結果として、根張りが優れ、直径1mm以上の太根根数が多く、根系も大きく、しっかりと深くまで分布していた (Fig. 3と4)。また溢泌速度、溢泌液中のサイトカイニン、窒素、リン、カリ、カルシウム並びにマグネシウムが無処理区に比べて高いので、生育と収量を高めたものと思われる。城島ら<sup>8-9)</sup>はBCB処理によってキュウリとトマトの節間伸長を抑制し、苗質を改善するとともに収量を高めたと報告している。しかしナスでは1000 ppm CCC 散布によって葉に酷い薬害が現れたので、養水分吸収及びサイトカイニン生産が抑えられ、収量が低下したものと思われる。

以上の結果より、ジベレリンで葉面散布した苗は乾物分配が茎に傾き、茎が細くなり、徒長的な生育を示した。このような苗を本圃に定植すると、根の発育が不良となり、養水分能力とサイトカイニン生産力が低いので、生育と収量が低下するものと考えられる。これに対し、CCC 散布した苗は逆の傾向を示した。しかし、ナスでは1000 ppm CCC 散布に対して薬害が現れたので使用上濃度を注意する必要があると思われる。またトマトはナスとピーマンに比べてジベレリン及びCCCに反応しやすい傾向が見られたことはトマトが体内ジベレリンを多く含むことを示すように思われるが、今後内性ジベレリンの消長について調査し、各果菜の生理特性を明らかにする予定である。

## 要 約

トマト '福寿2号'、ナス 'はやぶさ'、ピーマン '新さきがけみどり' の生育及び収量に及ぼす育苗時のジベレリンと CCC 葉面散布処理の影響について調査した。

ジベレリンの葉面散布処理した苗は光合成と葉面積が高められ、生育が促進されたが、乾物分配が茎に傾き、茎が細くなり、徒長的な生育を示した。このような苗を本圃に定植すると、根の発育が不良となり、根系は細根が多く、しかも分布が狭く、浅く、養水分吸収力とサイトカイニン生産力が低いので、生育が抑制され、収量が減少するものと考えられる。逆に CCC 処理した苗は乾物分配が根に多く、定植後回復が早く、根系は太根根数が多く、分布が広く深く、養水分吸収とサイトカイニン生産力は高いので、生育と収量を高めたものと思われる。太根根数、溢泌液中のサイトカイニン含量と収量との間に極めて高い有意な相関が見られた。しかし、ナスは CCC に敏感で、1000 ppm 濃度で薬害が見られたので使用する場合に濃度に注意する必要があると思われる。

## 文 献

- 1) 加藤 徹・鐘 鈴鈴：ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第1報) 培養液濃度が生長、みかけの同化量、葉の蒸散速度および根の呼吸に及ぼす影響。生物環境調節, 25, 7-12 (1987)。
- 2) 加藤 徹：野菜の生育調節。P. 49-73, 163-165, 博文社, 東京 (1988)。
- 3) 鐘 鈴鈴・加藤 徹・沢村正義：ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第7報) 溢泌液中の化学組成に及ぼす施用窒素の形態の影響。生物環境調節, 26, 53-60 (1988)。

- 4) 鐘 鈴録・加藤 徹：ナス科果菜の溢分泌液中のサイトカイニンに及ぼす窒素形態の影響。高知大学研報，農学，37，29-37 (1988)。
- 5) 齊藤 隆・伊藤秀夫：トマトの生育ならびに開花・結実に関する研究 (第6報) 生育ならびに花芽分化に及ぼす植物生長調節物質の影響。園学雑，35，247-259 (1966)。
- 6) MARCELLE, R., CLIJSTERS, H., OBEN, G., BRONCHART, R. and MICHEL, J. M.: Effects of CCC and GA on photosynthesis of primary bean leaves. In "Plant Growth Substances 1973" ed. by Science Council of Japan, International Plant Growth Substances Association, P. 1169 - 1174, Hirokawa Publishing Co., Tokyo.
- 7) 長南信雄・太田敏郎・川原治之助：BCB (bromocholine bromide) に関する研究 (第4報) 二, 三の作物における細胞の分裂と伸長に及ぼす影響。茨城大農学術報，9，15-18 (1961)。
- 8) 城島十三夫・佐藤靖臣：BCB (bromocholine bromide) の実用化に関する研究。第1報 BCB の濃度と処理法がキュウリの生育及び花性におよぼす影響について。徳島農試報，9，63-74 (1967)。
- 9) 城島十三夫・佐藤靖臣：そさいに対する BCB (bromocholine bromide) の実用化に関する研究。第2報 BCB の処理濃度がトマトの生育，収量におよぼす影響。徳島農試報，10，57-68 (1968)。
- 10) 加藤 徹・鐘 鈴録：ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第3報) 生育，収量ならびに養水分吸収に及ぼす微量要素添加の影響。生物環境調節，25，83-89 (1987)。
- 11) STEVENS, G. A. Jr. and WESTWOOD, M. N.: Fruit set and cytokinin-like activity in the xylem sap of sweet cherry (*Prunus avium*) as affected by rootstock. *Physiol. Plant.* 61, 464-468 (1984)。

(昭和63年9月30日受理)

(昭和63年12月27日発行)