

トマト栽培における

生育調節剤の利用

千葉県農業試験場野菜研究室長 荻原佐太郎

まえがき

トマトの原産地は南米の西部高原地帯で、メキシコインディアンによって古くから栽培されていたものといわれる。それがヨーロッパに広がり、アメリカに伝わって、今ではほとんど世界各国に栽培されている。遺伝学的にも生理学的にも、そして病理学的にも研究の進んだ作物である。従って、育種も栽培も科学的である。農業的には極めて集約的な作物で、高度の技術を駆使して栽培が行われている。

わが国では、大正の末期から昭和の始めにかけて一般化したものである。一時、戦争のために伸び悩んだが、戦後は次第に増加して昭和35年から40年の間に急増した。着果ホルモンとしてトマトーンが普及し始めたのはそれより前昭和30年（1955）頃である。この頃は、農業用ビニールの普及開始期にあたり、トマト栽培は着果ホルモンとビニールの利用によってトンネル栽培、半促成栽培、促成栽培へと発展し、収量も著しく向上した。当時を思い浮かべると、着果ホルモン剤の登場はまさに眼をみはるものであった。以来、トマト栽培には着果ホルモンの利用が必須の作業となった。露地栽培、ハウス栽培のそれぞれに各様の作型が成立しているのは、着果ホルモン剤の実用化があればこそといえるくらいである。

このほか、トマト栽培では、着色促進のためのエチレンの利用とか苗の徒長防止のための矮

化剤の利用など、農薬登録をまって普及したい期待の大きい生育調節剤がでている。

1. 着果促進

〔トマトーン、2,4-D、ジベレリン〕

トマトは両性花で自花受粉が原則であるが、低温または高温、弱光、多湿条件下では、花粉の機能低下、量の不足、開葯不調などのために放任状態では着果率が極めて低い。このため、古くは施設栽培では支柱をたたいて花房を振動させ、受粉を助けていたものである。1935年頃、アメリカでは人工ホルモンによる単為結果の研究が行われていた。当初はインドールおよびナフタレン系統の化合物が研究されていたが、その後ナフトキシ、フェノキシおよびベンゾイック系統の化合物から有効なものを発見した。2,4-ジクロロフェノキシ酢酸（2,4-D）、パラクロロフェノキシ酢酸（PCPA）、 β -ナフトキシ酢酸などである。これらによるトマトの落花防止に関する大規模な研究の情報が、藤井（1952）によってわが国に紹介された。そして当時着果不良で問題になっていた高知県のペーパーハウスのトマトの促成栽培について実験が行われ、極めて効果的であることが実証された。また、農林省の応用研究費によって、熊本・三重・大阪・千葉農試（1952, 1953）などで実用化研究が行われ、急速に普及したものである。

着果ホルモン剤としては、当初 2,4-D が用いられ、次いでトマトーンとなった。これらについて、処理方法（スプレイ、浸漬）・処理時期・処理濃度・環境条件との関係、葉害の発生・苗質との関係、施肥との関係、熟期・肥大・形状・内容等品質に及ぼす影響、ホルモンの稀釈用水の水質、有効期間などについて研究が行われて使用法が確立した。

その後、広く普及するにつれて、ホルモン処理果は空洞果の多いことから、空洞果防止に関する研究が行われるようになり、授粉プラス着果ホルモン、着果ホルモンプラスジベレリン処理などの方法が考えられた。また花の發育ステージとホルモン処理の関係、処理時期の温度と空洞果発生の関係などが藤村ら（1965）によって明らかにされた。

・ホルモン剤の種類・使用法と空洞果の発生

2,4-D の利用効果について渡辺（1950）は、大津の水耕農場で試験し、10～25万倍で單為結果に有効であることを報告した。その後の研究では、2,4-D は10～100万倍の散布で結果率が高まり、果肉に残る青味も少なく実用であることが確認された。しかし、この範囲の濃度では葉にかかると葉害がでて萎縮するので、2,4-D の場合には花房浸漬法がすすめられた。

トマト

第1表 トマトーンおよび 2,4-D の効果

（宮崎農試）

ーンについて
では、10倍
から100倍の
範囲で有効
であること
が確認され
（1953）、
おおむね50
倍が適濃度

処 理	結果率 (%)	成熟 日数	a 当たり収量		1 果 平均重 (g)	果 の 品 質 (%)				
			果数	果重 (kg)		上果	空洞果	先尖果	屑果	条腐 病果
トマトーン	84.9	68.8	4,133	650	157	8.3	86.5	3.3	1.7	0.2
2, 4 - D	82.4	70.7	4,013	623	155	68.8	24.9	2.4	2.3	1.5
トマトーン +ジベレリン	92.9	70.7	4,568	619	136	22.9	70.8	1.7	4.9	0.2
2,4-D +ジベレリン	91.5	70.5	4,493	632	141	77.8	10.3	1.6	9.2	1.1
無 処 理	60.8	78.2	2,948	195	66	48.0	12.7	0.0	39.3	0.0

〔注〕1. トマトーン=70倍、2,4-D=70万倍、ジベレリン=10 ppm.

2. 陵西福寿2号、10月15日播種、12月15日定植、ハウス栽培。

とされたが、早期収量では10倍の方がよいという報告もあった。そして、ホルモンの効果は徒長苗や植痛みの大きい場合にも顕著であることが確認された。

トマトーンの標準的な使用法は、50～100倍液をスプレイで一花房3～4花咲いた時（開花盛期）に花の正面から花房全体に散布する。これで、おおむね80%以上の着果が確実となる。厳密には、処理効果は開花当日の花がもっとも高く、その前後は弱まる。開花7～10日前の若い蕾に処理すると空洞果になり易い。従って、着果ホルモンの効果が高く、しかも空洞果などの障害がなく、よい品質のものを収穫するためには、トマトの各花房が一斉に開花するように、育苗および栽培管理することが大切である。

以上の傾向は、2,4-D についてもまったく同様である。2,4-D の50～100万倍液は、トマトーンに較べて着果率がやや低い場合があり、果実の肥大もおくれがちであるが、空洞果が少ないのが特徴的である。

第1表は、宮崎農試で行ったトマトの半促成栽培における2,4-D とトマトーンの効果比較試験の結果である。トマトーン空洞果率が81.5%の時、2,4-D は24.9%で明らかに少ない。トマトーンにジベレリンを混用したも

のは、空

第2表 ホルモン処理直後の温度が異なる状態におけるホルモン剤の種類と品質

洞果が少
なくなる
が、やや
小果にな
りがちで
ある。2,4
-Dにジ
ベレリン
を混用す
ると、空
洞果はほ

処理後 の温度	ホルモ	収 量			空洞の程度別果数					ゼリ 部 果 数	有種 子果 数	アミ ト 果 数
		個数	重 量	平均重	4	3	2	1	0			
25℃	トマトーン70倍	47	4,027 ^g	86 ^g	21	11	3	5	7	0	19	1
	2,4-D 70万倍	51	4,030	79	—	—	1	2	48	2	18	0
	トーン70倍+ ジベレリン10ppm	49	3,776	77	9	0	4	5	41	1	13	4
	2,4-D 70万倍+ ジベレリン10ppm	49	3,452	70	—	—	—	3	46	3	15	3
40℃	トマトーン70倍	36	2,997	83	19	2	2	4	9	2	6	3
	2,4-D 70万倍	52	3,230	62	1	2	2	1	46	2	10	1
	トーン70倍+ ジベレリン10ppm	43	2,842	66	14	2	3	4	20	2	3	0
	2,4-D 70万倍+ ジベレリン10ppm	44	3,305	75	—	—	1	1	42	1	8	0

とんだな (注) 収穫始め2月7日、ただし、トーン70倍+ジベレリン 25℃のみ2月1日。

くなるが、同様に小果になる傾向がある。従って、空洞防止の点からはトマトーンより2,4-Dの方が優れ、ジベレリンの併用によって着果率も高まり、空洞果を少なくするという効果が現われている。

第2表に、ホルモン処理時の温度と品質の関係を示した。25℃の場合に対して、40℃では各ホルモンとも小果となり、減収した。そして、激しい空洞果が発生している。しかし、2,4-D+ジベレリンは、40℃になっても空洞果の発生は極めて少なかった。ゼリ一部の緑色はとくに増加していないが、高温では有種子果が少なくなっている。高温期に遭遇するトマトの抑制栽培では、空洞果の発生が大きな問題であるので、障害の発生の少ないホルモン剤の出現がまたれるところである。

ジベレリンは、トマトの単為結果を誘起するものであるが、単用では果実が肥大しないので、トマトーンまたは2,4-Dと混用または併用して、上述したような空洞果の多発しがちの時期に、またその花房に選択的に利用するのがよい。

・その他の着果ホルモン

以上のほかトマフィックス(2,4-Dナトリウム塩0.025%とナフトキシ酢酸0.5%)、トマコン(1-(2,4ジクロロフェノキシアセチル)3,4ジメチルピラゾール)、トライロントマト(4-クロロヒドロキシメチルフェノキシ酢酸ナトリウム)が着果ホルモンとして使用されている。

三重農試(1960)によれば、フタラミック系化合物にはN-m・トリル・フタラメート、N-o・クロロフェニール・フタラメート、N-1・ナフチールフタラメートの3種類があって、これらを散布すると生育が抑制されるが、花数は著るしく増加する。N-oとN-1は、心止まり株が発生しやすい。N-mは生育の抑制がみられず、心止まりも発生しないので安全である。しかし、薬量が多くなれば問題である。

N-mでは200ppmを苗床で、双葉時と4葉時の2回にm²当たり70ml位散布することによって、1花房当たり20花以上開花して、10果以上結実させることができています。

2. 生 長 抑 制

〔B-995, CCC, BCB〕

トマトは苗の時から徒長したり、過繁茂しがちである。このため、トマト栽培では、常に土壌水分や空中湿度を制限して栄養生長と生殖生長のバランスを保つようにしている。このような茎葉の生育調節に対してアンチジベレリン化合物の利用が考えられて、CCC, BCB, B-995等の利用が研究された。

筆者(1967)は、養液育苗(もみがらくん炭)のトマト苗の生育制御に、BCBとB-995を用いて試験した。その結果、B-995(B-ナイン)では、2000 ppmのものを5葉期に散布することによって、トマト苗の生育を適度に抑制して、収穫に対する悪影響はみられなかった。また、BCB(プロモコリンブロマイド)では、 10^{-4} M(約4万倍)で培養液に加用し、3葉期の苗に1株当たり300 ml施用すると強い矮化作用が現れて、その結果開花期が早まり、初期収量が増加した。第3表に、その試験結果を示した。

このような生育抑制剤の利用は、苗の徒長防

止、活着促進、早熟化対策に有望とみられるほか、耐寒性の強化も期待される。

3. 着 色 促 進

〔エチレン・エスレル〕

トマトの果実は開花受粉後3~4日目から急速に肥大し、およそ30日位でほぼ肥大が終わり、以後着色成熟する。つまり、肥大は白熟期頃までである。そして、50~60日で収穫となる。トマトの果色は、リコピンとカロチンが主体で、これらの色素は成熟期に近づいて急速に発現するが、緑熟期以降は適度に温度があれば発色する。リコピンの発現適温は24℃といわれ、30℃以上、12℃以下では不良となる。

普通、生食用トマトは、収穫後の追熟・発色を考慮して、高温期には着色始で収穫し、低温期には樹上で着色度を進めて収穫している。芳香・糖分・アミノ酸・食味は、樹上で着色したものほど優れているので、近年は完熟トマトが次第に要望されてきている。しかし、貯蔵力・日持性は、追熟したものの方が大きいといわれる。

第3表 トマトのクンタン育苗における矮化剤BCBの利用効果

品 種 名	処 理 別	定 植 時 の 苗 の 発 育 状 態						第1花 房の高 さ	開花始	収 穫 始	初 期 収 量	全収量
		草 丈	葉 数	葉の 長 さ	生 体 重	乾 物 重	乾 物 率					
福 寿 二 号	無 処 理	30.7	9.8	23.8	25.3	1.68	6.65	38.0	3. 1.3	5. 8	700	2,360
	BCB 10^{-5} M	29.8	9.5	25.7	25.2	1.73	6.82	39.3	3. 3.1	5. 8	529	2,290
	" 10^{-4} M	24.7	9.5	21.1	19.1	1.49	7.82	32.7	2.27.2	5. 4	732	2,350
	" 10^{-3} M	20.0	8.5	17.7	15.0	1.28	8.53	26.7	2.27.9	5. 4	727	2,150
12 × 15	無 処 理	48.0	10.0	33.1	48.0	3.49	7.28	45.6	2. 9.9	4.24	985	2,450
	BCB 10^{-5} M	44.6	10.8	30.1	42.4	3.36	7.93	47.9	2.16.1	4.27	945	2,560
	" 10^{-4} M	36.6	10.6	29.3	41.5	3.48	8.40	44.6	2. 6.1	4.21	1120	2,160
	" 10^{-3} M	28.0	10.6	21.1	24.3	2.39	9.34	29.0	2. 5.4	4.24	1105	2,410

福寿2号は12月20日播種2月16日定植、12×15は12月1日播種1月31日定植、12×15は節間伸長型の品種、処理はそれぞれ3葉展開期に上記濃度のBCBを加用した培養液を1株当たり300 ccの割合で施用した、 10^{-5} M(モル)は約400,000倍、 10^{-4} Mは約400,000倍、 10^{-3} Mは約4,000倍。

アメリカでは、50年以上も前(1926)から、トマトは緑熟期に収穫して追熟出荷しており、その際エチレンまたはプロピレンガスを混入して追熟を促進している。これによって、追熟日数を無処理の半分以上に短縮している。このエチレンは、伸長生長を抑制する作用をもつ化合物として古く

から知られているものであり、詳しい生理作用は明らかではないが、未熟果実の呼吸を促進し、澱粉の糖化をすすめるので、バナナやレモンの成熟促進剤として利用されてきたものである。

第4表 収穫末期のエスレル処理による熟期促進効果 (茨城園試1971)

収穫試験区	11月中旬		11月下旬		12月上旬		合計	
	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量
無処理	5	1,110 kg	21	6,300 kg	12	3,170 kg	38	10,580 kg
300 ppm	24	5,660	40	8,320	26	8,660	90	22,640
500 ppm	25	6,300	49	11,870	31	9,440	105	27,610

[注] 播種6月25日 定植8月3日 11月12日処理 茎葉全面散布 36株当り。

エスレル(2-クロロエチルホスホン酸)は、水溶液中で分解してエチレンを発生するもので、わが国では1970年ごろからトマトの着色促進に用いて効果が確認されている。すなわち、無支

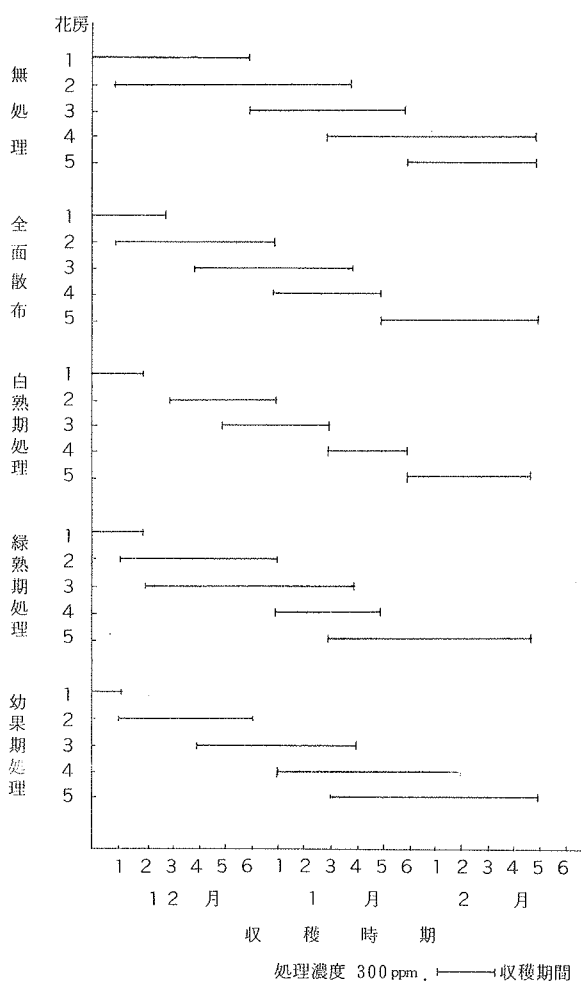
柱栽培の加工用では、第1花房着色期に200～300 ppmの茎葉全面散布、ハウス抑制栽培では白熟期に200～300 ppm花房中心の帯状散布、収穫打ち切り予定の1～2週間前300～500 ppm

全面散布が有効である。

エスレルからのエチレンの発生は、15℃から30℃の範囲では高温ほど、またアルカリ側ほど速やかにおこる。トマトについて300 ppmを処理した場合、昼間25℃、夜間10℃では着色促進効果が大きい、昼間15℃夜間10℃では効果がないので、日中あまりにも低温では着色促進効果は期待されないようである。ハウス抑制栽培では、日中気温があがるので、処理濃度は低めに、露地抑制では高めの方がよいといわれている。

エスレルの溶液は、その日のうちに使用しないと分解して意味がなくなる。

エスレル処理果の品質に及ぼす影響については、岐阜農試の抑制トマトと千葉農試の越冬トマトでは、色調・糖・酸・可溶性固形物には無処理のものに比べてとくに大きな損色はみられていないが、春の無加温栽培では、糖含量の低下がみられる例もあり、これらは品種間差にもよるようである。また、エスレル処理果は、着色を促進するだけ一般的に小果となりがちであるので、肥大の終了する白



第1図 トマトの越冬栽培におけるエスレルの処理法別熟期促進効果 (千葉農試1975)

熟期をまって処理するのがよい。

以上から、エスレル処理による着色促進の応用場面は、果実の肥大が終了しても着色の進まない抑制栽培の末期とか、成熟日数が80日以上ともなるハウスの越冬栽培ではないかと思われる。

葉害の少ないもっとも有効な処理方法は、果実の萼片部にスプレーする方法で、少量の薬剤によって効果をあげることができる。また、伊東ら(1979)は、エスレル散布による草勢の劣化を防止する意味で、1~2%液の主茎処理が有効であると提唱している。

あ と が き

トマト栽培におけるトマトトーンなどの利用は、不良環境下の生産安定に極めて大きな貢献で、欠くことのできない作業となっている。しかしながら、今なお品質的には空洞果の多発が問題となっているので、研究経過をふり返って解説した。

着色促進のためのエスレルの利用その他各種生育調節剤の利用は、トマト栽培の省力化や施設栽培の省エネルギー対策としても極めて有意義に思われる。さらには、将来品質向上に役立つような生育調節剤の出現が望まれる。

外 国 文 献 抄 録

ウキクサの利用

ここに述べる原理や観察は、基本としては決して新しいものではない。また、ウキクサ科の植物に限られているというものでもない。ただ、水生植物の研究者として、注意を喚起したいのである。

今日、清浄な水が、人間の生活に欠くことのできないものであること、しかもその資源が年々減って、再利用の必要が緊急の事態であることは、言うまでもない。廃水処理のために、植物とくにウキクサを利用することが考えられるが、このことは化学的処理、物理的処理と並ぶ生物的处理である。

廃水処理にあたって植物は、有機物ならびに無機物を除くこと、除いた成分の再利用をはかること、有毒物質と病原生物を隔離し、破壊することができる。長い人類の歴史で、動物の廃

棄物によって、陰に陽に起こる汚染を植物が利用し得るように変換して、生物的水処理を行った。これが農業なのであった。

ウキクサは、高等植物のうちでもっとも簡単なものである。そして、花の咲く植物のうちで一番小さい。水に浮遊性の単子葉植物で、世界中に分布している。ここで話題にするのは、その中で *Lemna* (アオウキクサ) 属と *Spirodela* (ウキクサ) 属である。

中でも、前者では *L. minor* (コウキクサ), *L. gibba*, *L. paucicostata* (アオウキクサ) であり、後者では *S. polyrhiza* (ウキクサ), *S. oligorhiza* (ヒメウキクサ) である。この中で、わが国の水田に発生する品種は、アオウキクサである。

ウキクサは、茎と葉の代わりに葉状体 (frond) があり、つぎつぎ新しい frond を生じ、集団 (colony) となり、速かに繁殖して水面をおおう。木繊維はほとんど有しない。