トマトの花芽形成と環境条件¹⁾

斎 藤 隆*

東北大学農学部*

I. ま え が き

トマトは果実の生産を栽培の目的とするもので、果実のもととなる良質な花を早期に多数形成させるようにすることが農学において実用的に重要な課題であり、また、トマトのような中性植物の花芽形成はいかなる外的、内的条件によって支配されて起こるかということは、生物学的に重要な意義をもつ課題である。

トマトの花芽形成については、藤井ら^(7,8,9,10)の落花を防止して開花結実を良好ならしめることを目的とした研究をはじめ、WITTWER ら^(28,32,33)、CALVERT^(1,2)、江口ら⁽⁶⁾、斎藤ら^(22,23,24,25)、およびその他の温度、光などの環境要因あるいは肥料要素などによる植物の栄養状態と花芽形成との関係についての研究など、多数報告されている。

トマトは、その花芽形成、開花、結実など種々の面で環境の影響を受けやすく、与えられた条件に対して鋭敏に反応を現わす植物であるが、花芽形成の誘因として特定の日長条件や温度条件を要求せず、植物の栄養状態が花芽形成の主要な誘因であると考えられている。

本文では、まず栄養芽から花芽へと移行する生長点部の形態的变化と植物の生育に伴う花芽形成の時間的経過について述べ、つぎに花芽形成に関与する温度、光などの環境要因ならびに窒素・リン酸・カリの肥料要素、水分、炭酸ガス濃度、栽植密度、移植などの栽培管理的要因について述べてみたいと思う。

II. 着 花 習 性

トマトの花の植物体上における着生状態をみると、通常第8節葉と第9節葉の間に第1花房を着生し、以後3節おきに花房を着生するのが一般である(図1)。ただし、品種や幼苗期の環境および栄養などによっては、第1花房の着生節位は第6~7節葉より第14~15節葉ま

図1 トマトの花房-果房の着生状態

での変異があり、また第2花房以下の出現は1節葉おき、あるいは4節葉おきになる場合もある。

トマトの花房は節間に着生するように見えるが、発生的にみると頂芽が花房となるのであって、この花房のすぐ下に腋芽が分化し、それが伸長して主茎の形をとり、さらに葉を3枚分化すると、その先が花房となり、またそのすぐ下の腋芽がふたたび主茎として伸長、これを繰り返しているのである。品種によっては2葉おき、または1葉おきに花房を生ずるものがあるが、これらにおいては往々いわゆる芯止りとなり、頂芽が花房となって主茎となるべき腋芽を発生しない場合がある。

花房は一般に総状花序であるが、その構造は品種や環境および栄養によって異なり、図2、3に示すように、花梗の単一のシングル花房と、花梗の2又あるいは不規則な多岐となるダブル花房とがある。この花房の構造も品種により大体は定まるが、同一個体に各種の構造をもつ花房が混在することもあり、シングル型は初期の花房に、ダブル型は末期の花房に多くみられる。また、低温下で育苗した場合や栄養過剰の苗にダブル花房が多くみられる。

¹⁾ Takashi SAITO*: Effects of the Environmental Conditions and the Cultural Treatments on the Flower Formation of Tomato Plant.

* Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai.

図 2 トマトの花房の形態

左：花梗が単一なもの（シングル花房）
中：花梗が二又になったもの（ダブル花房）
右：花梗が多岐になったもの（ダブル花房）

1 花房上の花の数も大体品種の特性として定まっているが、環境および栄養などによって異なり、同一個体上でも上位花房に多く、また春作は秋作よりも一般に多く着花する。

III. 花芽形成過程

トマトの花芽の分化・発育に関しては、COOPER⁽³⁾は組織発生の見地からの調査を行ない、SMITH⁽²⁶⁾は外部形態学的な発育経過について観察し、江口ら⁽⁵⁾、藤井ら⁽⁷⁾は時間的な経過について観察している。ここでは個々の花芽の形成過程と、花房としての花芽の形成過程との関係について述べることにする。

トマトは発芽後ある程度栄養生長を続け、本葉を 8～9 枚分化した時期に、これまで葉を分化し続けていた生長点が葉の分化を止め、円錐状突起の形をしていた生長点の頂部が肥厚して隆起しはじめ、その頂部が平坦となってきて、葉でなく花を形成するようになる。この生長点の形の変化が、形態的に花芽分化として認められる最初の標徴である。この花芽が第 1 花房の第 1 番花になる(図 4)。この第 1 花に続いてその側下方に第 2 花が分化し、これとほとんど同時期に最終葉とこの花房との間に新し

図 3 トマトの果房の形態

左：果梗が単一なもの（シングル果房）
中：果梗が二又になったもの（ダブル果房）
右：果梗が三本に分かれたもの（ダブル果房）

い生長点が形成されてくる。さらに第 2 花の下方裏側に第 3 花が形成されるとともに、新生長点も生長し葉を分化する(図 4)。このようにして花は次々に分化し、同一花房において 1 つの花が分化し、つぎの花芽が分化するまでには、一般に大体 2～3 日間ぐらいの間隔があり、前の花の萼片形成期頃につぎの花の分化が認められる。

一方、新生した生長点は葉を分化しながら伸長し、3 葉を分化するとふたたび頂部は肥厚して平坦となって花芽を生ずる。これが第 2 花房の第 1 番花となる。同様に

生：花芽未分化の生長点
8：第 8 葉
9：第 9 葉

花：第 1 花房第 1 番花（花芽分化期）
8：第 8 葉
9：第 9 葉

花：第 1 花房第 1 番花
生：新生長点
8：第 8 葉
9：第 9 葉

花 1：第 1 花房第 1 番花
花 2：第 1 花房第 2 番花
花 3：第 1 花房第 3 番花
生：新生長点
1：新生長点の第 1 葉（第 10 葉）
2：新生長点の第 2 葉（第 11 葉）
8：第 8 葉
9：第 9 葉

図 4 トマトの花芽の分化過程（下図は藤井らの一部改写）

して第1, 第2花房の発達とともに, 第2花房のすぐ下に新しい生長点が発生し, それが伸長して3葉を分化すると, ふたたびその頂部が花芽となって, 第3花房を形成してくるのである. このような繰り返して次々と花房の数がふえ, それと同時に各花房の花数が増加していく. 概観して, 前の花房の最終花の分化よりもつぎの花房の第1花の分化の方が早く行なわれるので, 苗の生育期を通して花芽分化は次々と連続的に行なわれることになる.

IV. 植物の生育と花芽形成との関係

江口ら⁽⁶⁾, 藤井ら⁽⁷⁾は植物の生育と関連させて花芽形成の時間的経過について観察している.

花芽の分化期が播種後何日目になるかは育苗環境, 苗の發育によって相当に異なり, 大体播種後 25~30 日前後とみることができる. その時における植物体の大きさも条件によって相当に変移するが, 草丈 3cm 前後, 展開葉数 2 枚ぐらい, 茎の直径 2 mm 前後, 茎葉重 0.4~1.0 g ぐらいで, 非常に小さい時期に花芽が分化する. また, 花芽の分化節位も育苗環境その他の条件により相当に異なるが, 大体 7~13 節位の間で平均第 8~9 節とみることができる.

第2花房の分化は播種後 34~38 日目, 第1花房の分化後 9~13 日目ぐらいと認められた. この場合に第1花房においてはすでに数花が分化している. 第3花房の分化は播種後 43~47 日目, 第2花房の分化後 9~11 日目に認められた. この時期において, 第1花房では 8~12 花, 第2花房では 4~6 花分化している.

第1花房の第1花は播種後約 60 日目に開花したが, この時において, 第1, 2 花房では花芽分化は終了し, 第3花房では 6~8 花分化しており, 第4花房では 3~4 花分化し, 第5花房も分化し始めるころになっている(図5).

V. 花芽形成と環境条件との関係

前項から, トマトの苗が大体本葉 10 枚ぐらいになる

図5 トマトの苗の生育と花芽分化との関係

図6 トマトの苗の生育と花芽の分化数 (藤井ら)

まで, つまり育苗期間中に, すでに相当数の花が形成されていることが明らかである. ところが花芽の分化期や分化数は一定したものではなく, 育苗中の環境条件や肥培管理法などによって大きく変わってくる.

そこで, つぎに幼苗期の環境や肥培管理法によって, 苗の生育ならびに花芽形成がどのように影響をうけるかについて述べることにする.

1. 花芽形成と温度

幼苗期の温度が苗の生育や花芽形成に対して顕著な影響を及ぼすことについては多くの研究が報告されている. 本文では温度について, 種子に対する温度処理と幼苗期の気温と地温とにそれぞれ分けて述べることにする.

1) 花芽形成と種子の温度処理

WITTWER ら⁽³²⁾や CALVERT⁽¹⁾は, 催芽種子を 2~3°C あるいは 4°C の低温に 10 日から 30 日間処理して播種した場合, 第1花房の分化節位や花芽数にはほとんど影響が現われないことを報告している. トマトの花芽形成に対する種子の低温処理の効果はほとんど認められないようであり, 子葉展開後において初めて温度処理の効果を示すものと考えられる.

2) 花芽形成と気温

花芽形成に対する気温の影響をみるた

図 7 トマトの苗の生育におよぼす温度の影響

A: 15—10°C 区 B: 20—15°C 区
C: 25—20°C 区 D: 30—25°C 区

図 8 トマトの第1花房の花芽分化期と分化節位におよぼす温度の影響

図 9 トマトの花数におよぼす温度の影響

め、昼と夜の温度較差を 5°C とし、昼温を 15, 20, 25 および 30°C の 4 段階にした下で、植物体を育成した場合の花芽形成の状態を示すと図 7—9 のとおりである。

生育のごく初期においては、温度の高いほど生育旺盛であるが、その後間もなく 25 (昼)—20°C (夜) 区で生育はもっとも旺盛となり、花芽の分化が早い。20—15°C 区はこれに次ぎ、生育はわずかに劣り、花芽の分化は 2—3 日遅れ、30—25°C 区はこれよりさらに花芽の分化は

図 10 トマトの第1花房の花芽分化期と分化節位におよぼす昼温と夜温の影響

図 11 トマトの花数におよぼす昼温と夜温の影響

遅れ、花芽数が少ない。15—10°C 区では生育が著しく劣り、花芽の分化も遅い。しかし、温度の低いほど第1花房の分化節位は下がり、花芽数が多い。

つぎに、花芽形成に対する昼温と夜温の関係をみると、昼温 30°C では苗の生育がすみやかで、花芽の分化も早い。昼温 24°C では強剛な生育を示し、花芽数が多い。

夜温は高いほど茎葉重/草丈が小さく、軟弱な生育を示し、花芽の分化は遅れ、分化節位が上がり、分化数も少ない⁽²²⁾(図 10, 11)。

以上から、花芽形成に対する気温の影響をみると、いずれの気温下でも花芽形成は起こっており、花芽が形成されるための直接的な条件として、ある特定の温度にあらうことが必要であるということはない。しかし、昼・夜温をとともに変えた場合には、花芽分化期は 25—20°C 下

でもっとも早く、これより気温が低くても高くても遅れているのに、分化節位は気温の低い 15—10°C 下でもっとも低く、これより気温が高くなるにつれて順次上昇している。25—20°C 下では分化期は早いが分化節位は高くなっており、苗の発育が促進されて花芽の分化は早くなるが、苗の発達と比較すれば花芽の分化は促進されていないことを意味し、15—10°C のような低温下では生育が遅れるが、分化節位は低下しているから、苗の発達と比較すれば花芽形成は促進されていると考えられる。30—25°C の高温下では分化期が遅れるとともに分化節位も高くなっている。また夜温の実験において、17°C の低夜温下では花芽の分化は 24°C、30°C の高夜温下のものに比べ时期的に早く、同時に分化節位も明らかに低い。CALVERT⁽¹⁾、福島⁽¹³⁾、GOODALL⁽¹⁵⁾、伊藤⁽¹⁴⁾、LEWIS⁽¹⁹⁾、ROODENBURG⁽²⁹⁾、藤井⁽⁸⁾、渡辺⁽³⁰⁾、WITTWER⁽³²⁾らも同様な事実を認めており、分化節位を焦点として花芽の形成を考えると、気温とくに夜温の低い場合に積極的に花芽の形成を起こす生理的条件の成立が早まり、高夜温下では遅れるものと考えられる。

つぎに、植物体の生育に伴う時期別の温度処理の影響と感応する植物体の部位との関係を見ると⁽²²⁾、第1花房の分化節位に対しては、低夜温 (17°C) 下に育苗しておいて1週間毎に高夜温 (26°C) に移した場合、子葉展開後1週間だけの処理では低夜温の効果が全然現われず、2週間低夜温に保つことによってそれ以上あるいは全期間を低夜温に保った場合と同程度に第1花房は低下しており、第1花房の分化節位に対しては2週間の低夜温処理が必要にして十分な条件である。また、高夜温下に育苗しておいて低夜温下に移した場合にも、1週間だけの処理では高夜温の影響が全然現われないが、2週間の処理は全期間を高夜温下で育苗したものと同様に第1花房の分化節位が完全に上昇している (図 12)。花芽数に対する影響をみると、第1花房に対しては、2週間までの低夜温処理ではほとんどその影響が認められず、3

図 12 トマトの第1花房の分化節位におよぼす低温あるいは高温の処理期間の影響

図 13 トマトの花数におよぼす低温あるいは高温の処理期間の影響

図 14 トマトの花数におよぼす生育時期別の温度処理の影響 (WITTWER *et al.*)

週間低夜温に保つことによって初めて花芽数は著しく増加し、全期間を通して低夜温とした場合とほとんど同様に分化している。第2花房については、3週間低夜温処理までは全然増加せず、4週間処理で多少増加し、5週間処理で明らかに増加し、それ以上続けて低夜温処理を行なった場合と同様に花芽数が増加している。第3花房では、5週間低温下で育苗しても花芽数には全然その効果が認められず、6週間処理でわずかに増加し、7週間処理で明らかに増加している。また、高夜温下で育苗しておいて低夜温下に移した場合をみると、第1花房の花芽数は2週間高夜温処理まではほとんど影響が現われず、3週間処理では花数は明らかに減少している (図 13)。同様な実験は CALVERT⁽¹⁾や WITTWER⁽³²⁾によっても行なわれており、CALVERT⁽¹⁾は温度として昼温 60°F、夜温 50°F の低温と昼夜温ともに 80°F の高温を用い、WITTWER⁽³²⁾は夜温を 10

～13℃と18～21℃の2段階にし、子葉展開から6週間で1週間ごとに分けて時期別の温度処理を行ない、第1花房の花数の増加には少なくとも子葉展開後1週間目から2週間の間、第2花房に対しては子葉展開後3週間目から2週間の間をそれぞれ低夜温に保つことが必要であることを認めている(図14)。

3) 花芽形成と地温

花芽形成に対する地温の影響をみると、加藤⁽¹⁸⁾は第1花房の分化節位や花芽数には気温が大きな影響を与え、地温の影響は比較的小さいと報じ(図15)、PHATAK⁽²¹⁾は第1花房の分化節位の低下には地上部の低温が、花芽数の増加には地下部の低温が顕著な影響を与えていると報告している(表1)。藤井⁽¹¹⁾は気温が高すぎる場合は明らかに地温の低い方が、気温が低い場合は逆に地温の高い方がよく、高気温低地温より低気温高地温の方がはるかによいことを明らかにしている。

2. 花芽形成と日長

花芽形成に対する日長の影響をみると、日長16時間までは、長いほど苗の生育が旺盛となり、花芽の分化が早く、花芽数が多い。日長が20時間になると、かえって苗の生育が悪くなり、花芽の分化は遅れ、花芽数が少なく、24時間日長の連続照明下では苗の生育は著しく劣り、花芽の分化も著しく遅れる。トマトの生育、ならびに花芽形成に対しては日長16時間ぐらいが最適であ

るとみられる。しかし、花芽の分化節位は、日長8時間でもっとも低く、これより日長が長くなるにつれて順次上昇し、連続照明下ではとくに著しく上昇してもっとも高くなっている(図16、17)⁽²³⁾。WITTWER⁽³³⁾、CALVERT⁽²⁾も短日で第1花房の分化節位が下がり、長日で上がることを認めている。

トマトの花芽形成は、日長4時間の短日から24時間の連続照明までいずれの日長下でも起こっており、前述した温度の場合と同様に、花芽が形成されるための直接的な条件として日長が何時間必要であるということはない。しかし、分化期は16時間日長の長日下でもっとも早いのにに対し、分化節位は8時間日長の短日下でもっとも低くなっており、16時間日長下では苗の生育が促進されて花芽の分化は早くなるが、苗の発達と比較すれば花芽の分化は促進されていないことを意味し、8時間日長下では生育は遅れるが、分化節位は低下しているから、苗の発達と比較すれば花芽の分化は促進されていると考えられる。20時間および24時間日長の長日下では分化期が遅れるとともに分化節位も高くなり、とくに連続照明下でこの傾向が著しくなっており、このような長日下では体内において花芽形成を起こす生理的条件の成立が遅れるものと考えられる。すなわち、分化節位を焦点として花芽形成を考えると、日長8時間の短日下で花芽形成が早く起こり、日長が長いほど遅れている。

図15 トマトの第1花房の花芽分化期、分化節位および花数におよぼす気温・地温の影響(加藤)

表1 トマトの第1花房の分化節位と花芽数におよぼす気温・地温の影響 (PHATAK *et al.*)

気温 (°F)	地温 (°F)	第1花房 分化節位	第1花房 花芽数
50～55	50～55	7.6	12.6
	65～70	7.1	7.5
65～70	50～55	7.9	12.3
	65～70	7.9	6.4

図16 トマトの第1花房の花芽分化期と分化節位におよぼす日長の影響

図17 トマトの花数におよぼす日長の影響

3. 花芽形成と光度

自然光を寒冷紗で人為的に遮光して、光度を種々変えて育苗した場合、光の強いほど苗の生育は促進され、花芽の分化が早く、分化節位は低下し、分化数が多い。低光度下では生育は遅れ、葉面積の増加も少なく、花芽の分化が遅れ、分化節位は上昇し、分化数は少ない。この傾向は高夜温下でとくに著しく現われる(図 18, 19)⁽²³⁾。

光度の減少がトマトの花芽形成に対して悪影響をおよ

図 18 トマトの第1花房の花芽分化期と分化節位におよぼす光の強さの影響

図 19 トマトの花数に及ぼす光の強さの影響

図 20 トマトの第1花房の花芽分化期と分化節位におよぼす床土の肥沃度の影響

図 21 トマトの花数におよぼす床土の肥沃度の影響

ぼすことは CALVERT⁽²⁾, COOPER⁽⁴⁾, 藤井⁽¹⁰⁾, 渡辺⁽³¹⁾ からも認めている。CALVERT⁽²⁾は光の強さを 250, 500, 750 および 1,000 ルーメンに調節した下で育苗した結果、光の弱いほど花芽分化が遅れ、分化節位は上昇し、花芽数が減少することを認めている。

花芽形成に対する光度の影響について分化期と分化節位の2つの面からみると、光度の強いほど花芽の分化は時期的に早いとともに節位も低くなっており、光度の強い条件下では体内において積極的に花芽形成を起こす生理的条件の成立が早まるものと考えられる。

4. 花芽形成と肥料要素

植物体の栄養と花芽形成との関係を見るため、表2に示すような床土を用いて育苗した結果、床土の肥沃なほど植物の生育は旺盛となり、花芽の分化が早く、分化節位が低く、分化数が多い(図 20, 21)⁽²⁵⁾。これは床土の肥沃なほど窒素、リン酸、カリともに多く含有しており、これら成分の多いことが苗の生育を旺盛ならしめ、花芽形成を良好ならしめたものと考えられる。江口ら⁽⁶⁾もトマトの花芽形成は肥料要素の影響を強く受けることを認めている。NPK 3要素と2倍区、4倍区、NP区は播種後25~35日で花芽分化をみたが、NK, PK, N, P, K, 無肥料区などの窒素あるいはリン酸のいずれかが欠けた場合には、播種後140日になっても花芽分化が認められない(図 22, 23)。

つぎに、窒素、リン酸、カリ個々の肥料要素の影響についてみてみよう。

窒素施用量の影響をみると、培養液の窒素濃度の高い

表 2 床土の理化学的諸性質

床土の肥沃度	風乾土量 (%)	灼熱損量 (%)	水分当量 (%)	pH	全窒素 (%)	置換容量 (m. e.)	置換性 Ca* (m. e.)	置換性 K* (m. e.)	有効態 P** (ppm)
肥沃	11.5	23.9	73.6	6.9	0.88	47.3	15.1	6.2	669
中肥	3.5	6.4	29.1	6.3	0.21	13.7	7.5	2.1	280
瘠薄	1.3	2.1	10.2	6.5	0.06	3.7	2.1	0.3	41

* 風乾土 100 g 中 ** BRAY-KURTZ 法

図 22 トマトの花芽分化期におよぼす施肥量の影響 (江口ら)

- 〔註〕 1. 1/20000 ワグナーポットを使用した。
 2. 施肥量は 1 鉢当たり硫安 5 g, 過磷酸石灰 5 g, 塩化カリ 2 g, 消石灰 7.5 g (相当 25 貫, 25 貫, 10 貫, 40 貫) を施与した。
 3. 肥料の配合は NPK 区を基準として 2 (NPK), 4 (NPK) はそれぞれその 2 倍, 4 倍とした。

表 3 トマトの第 1 花房の分化節位と花芽数におよぼす温度と窒素施用量の影響 (WITTWER & TEUBNER)

温度 (°C)	窒素濃度 (ppm)	第 1 花房 分化節位	第 1 花房 花芽数
10~13	0	6.3	5.7
	22	6.0	9.3
	44	6.0	6.7
	220	6.3	9.7
	440	6.3	10.0
18~21	0	8.7	5.0
	22	7.3	7.0
	44	7.7	7.0
	220	7.7	7.7
	440	7.0	6.7

図 23 トマトの花芽分化数におよぼす施肥量の影響 (江口ら)

図 24 トマトの第 1 花房の花芽分化期と分化節位におよぼす窒素施用量の影響

図 25 トマトの花数におよぼす窒素施用量の影響

ほど苗の生育は旺盛となり、花芽の分化が早く、分化節位が低く、分化数が多い (図 24, 25)⁽²⁴⁾。WITTWER ら⁽³²⁾も培養液の窒素濃度の高いほど第 1 花房の分化節位が低く、花芽数が増加することを報じ (表 3)、五島ら^(16,17)、尾形ら⁽²⁰⁾、高橋ら⁽²⁷⁾も幼苗期の窒素不足は花芽分化を遅らすことを認めている。とくに高橋ら⁽²⁷⁾は生育時期別の窒素欠除試験を行ない、花芽分化前 10 日以上であれば窒素欠除の影響が現われ、5 日以内の日数ではその影響が認められず、花芽分化におよぼす窒素欠除の影響の限界範囲は、花房分化前 7~8 日にあると推定している。

磷酸施用量の影響をみると、江口ら⁽⁶⁾、五島ら^(16,17)、尾形ら⁽²⁰⁾、高橋ら⁽²⁷⁾、TEUBNER ら⁽²⁸⁾および筆者ら⁽²⁴⁾の実験から、磷酸濃度の高いほど生育が旺盛で、花芽の分化が早く、分化節位が低く、分化数が多い。磷酸濃度の低い場合は花芽形成が著しく遅れ、分化節位が著しく上昇している (図 26, 27)。高橋ら⁽²⁷⁾によると生育初期の

図 26 トマトの第 1 花房の花芽分化期と分化節位におよぼす磷酸施用量の影響

磷酸欠除は花芽形成に強く影響し、生育後期には次第に軽微となり、花芽分化期におよぼす磷酸欠除の影響は分

図 27 トマトの花数におよぼす
 燐酸施用量の影響

図 28 トマトの第1花房の花芽分
 化期と分化節位におよぼす
 水分の影響

図 29 トマトの花数におよぼす
 水分の影響

化 10 日前から認められるようである。

カリ施用量の影響をみると、低濃度では苗の生育が悪く、花芽分化が若干遅れ、花芽数もわずかながら少ないが⁽²⁴⁾、窒素や燐酸のように施用量の差による顕著な効果は認められず、トマトの生育ならびに花芽形成に対してカリの影響は比較的小さいものと考えられる。

以上から、花芽形成に対する窒素・燐酸・カリの肥料要素の影響としては、窒素と燐酸が密接に関与し、カリの影響は比較的弱いものと考えられる。窒素および燐酸濃度の高いほど花芽分化期が早いとともにその分化節位が低下しており、このような条件下では苗の生育が促進されて花芽の分化が早く起こると同時に、積極的に花芽の形成を起こす生理的条件の成立が早まるものと考えられる。窒素・燐酸の低濃度下では苗の発育が抑制されて花芽の分化が遅れるとともにその分化節位が著しく上昇し、とくに低燐酸の場合に著しい花芽分化の遅延と分化節位の上昇がみられるから、このような条件下では花芽形成を起こす生理的条件の成立が遅れるものと考えられる。五島らも窒素と燐酸を欠除することによって花芽分化が遅れ、とくに低燐酸の場合に著しい花芽分化の遅延がみられたことから、花芽形成に対する燐酸の影響がより直接的であると考えられると述べている。

5. 花芽形成と水分

幼苗期に灌水量を多くするとやや徒長的な生育を示し、花芽形成が若干悪くなり、花芽数がわずかに少なくなるが、花芽の分化節位はほとんど影響されていない(図 28, 29)⁽²⁵⁾。灌水量を極端に少なくすると、初めから生育が抑えられ、葉面積の増加が少なく、これ

に伴って花芽の分化は遅れ、分化数も少ないが、分化節位は変わらない⁽²⁵⁾。つまり、花芽形成に対する水分の影響は、植物の生育を通して間接的に関与するのみで、積極的に花芽形成を起こす生理的条件の成立には関与していないと考えられる。

6. 花芽形成と炭酸ガス濃度

藤井ら⁽¹²⁾はトマトの幼苗期における炭酸ガス施与について実験し、育苗期間中 2~3 倍(600~900 ppm)の炭酸ガスを毎朝 6~8 時の間に 1 回施与すると、10 時頃の換気するまでのわずかな時間しか炭酸ガス濃度を高めえないにしても、植物の生育を促進し、早期収量をかなり増加させ、補光下での炭酸ガス施与はその効果をさらに大きくしていることを認めている。この実験において花芽の形成状態については述べていないが、植物の生育の促進は花芽の分化を早め、花芽の分化数を増加させ、さらにその後の発育を早めて、開花・成熟を早め、早期収量を増加させたものと考えられる。

7. 花芽形成と栽植密度

植物の栄養条件を変える方法として、幼苗期の栽植密

図 30 トマトの第1花房の花芽分
 化期と分化節位におよぼす栽植
 密度の影響

図 31 トマトの花数におよぼす栽植
 密度の影響

度をかえて生育に差を生ぜしめ、栄養と花芽形成との関係について調べた^(9,25)。

苗がまだ小さい生育初期においては、まだ栽植密度の差異による著しい影響はみられないが、苗の生育が進むにつれて栽植密度の影響が顕著に現われ、最初から密植にした場合には徒長した軟弱な苗となり、花芽の分化が遅れるとともに分化節位が上昇し、花芽の分化数も少ない(図 30, 31)。このことはいうまでもなく、栽植密度の粗密による通光の良、不良、通風の良、不良、養水分吸収の多少などからきた植物の栄養状態によるものと考えられる。密植条件下では、苗の生育が抑えられて花芽

の分化が遅れるとともに、分化節位が上昇しており、積極的に花芽の形成を起こす生理的条件の成立が遅れるものと考えられる。

8. 花芽形成と移植

幼苗期に苗の移植を行なうことによっても、苗の生育が遅れるとともに花芽の分化が遅れ、分化数も少なくなる。江口ら⁽⁶⁾の実験によると、移植によって花芽分化の節位は変わらないが、花芽分化期は1回移植するごとに5~10日遅れ、そのうえ各花房の花芽数が少なくなっている(表 4, 5)。つまり、花芽形成に対する移植の影響は、植物の生育を抑えることによって花芽の分化を遅らすのみで、積極的に花芽形成を起こす生理的条件の成立を遅らすことはないようである。

VI. ま と め

トマトの花芽形成に関与する環境・栽培管理的要因として、温度、光(日長・光度)、窒素・リン酸・カリの肥

表 4 トマトの花芽分化期におよぼす移植回数の影響(江口ら)

区	花 房	月日 所要 日数	4月5月											
			1日	5	10	15	20	25	30	5月5日	10	15		
無移植	第1花房	31	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○		
1回移植	"	36			×	△	○	○	○	○	○	○		
無移植	第2花房	41				×	△	○	○	○	○	○		
1回移植	"	46				×	×	△	○	○	○	○		
2回 "	"	46						×	○	○	○	○		
無移植	第3花房	51							△	○	○	○		
1回移植	"	51							×	○	○	○		
2回 "	"	56							×	△	○	○		
3回 "	"	61									×	○		
無移植	第4花房	61										△	○	
1回移植	"	61										△	○	
2回 "	"	—										×	△	
3回 "	"	—											×	

〔備考〕 ×:未分化 △:分化初期 ○:分化期

料要素、水分、炭酸ガス濃度、栽植密度および移植などの影響について述べてきたが、これらの外的要因は主として植物の栄養を通して花芽形成に関与しているようであり、花芽が形成されるための直接的な条件として、日長が何時間必要であるとか、あるいはある温度に遭遇することが必要であるとかいうことはない。光については、ある程度長く、強い光をうけるほうがよく、温度については、夜温がある程度低いほうが都合がよいということで、花芽形成を起こすために絶対不可欠な特定の日長条件や温度条件はみられない。温度や光(日長・光度)あるいは窒素・リン酸などの肥料要素によって花芽の分化期や分化節位に明らかに差が現われるが、これは、これらの外的条件が植物体の栄養を通して花芽形成に関与することによって起こるものとみられ、トマトは広い意味での栄養が花芽形成の主要な誘因で、温度や光もその一部として関与しているものと考えられる。江口ら⁽⁶⁾もトマトの花芽形成について、従来の低温感性および

表 5 トマトの花芽分化数におよぼす移植回数の影響(江口ら)

区	花 房	無 移 植				1 回 移 植				2 回 移 植				3 回 移 植			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
4 月	15 日	3.4				3.2											
	20	3.8	1.5			3.7											
	25	5.3	1.8			4.7	1.0			2.8							
	30	6.0	3.8			5.3	3.7			4.4	3.6						
5 月	5 日	7.5	5.5	3.2		6.9	4.8	2.1		4.6	3.8						
	10	8.0	6.7	4.1		7.5	6.2	3.5		5.2	4.8	3.4		4.9	3.8		
	15	8.2	7.8	4.7	3.2	7.8	7.5	3.8	2.4	6.0	4.6	4.0	3.0	6.3	4.2	4.0	

〔備考〕 I:第1花房 II:第2花房 III:第3花房 IV:第4花房

日長感応性の植物と趣を異にし、低温、日長の影響をうけること少なく、植物の栄養状態が主として花芽形成に影響をおよぼしていることを認め、トマトなどのような植物を栄養感応性植物として類別することを提言している。

このように、栄養生長から生殖生長に移行する過程で、特定の日長条件や温度条件を要求せず、植物の栄養を通して花芽形成が起こる場合には、植物の生育に伴ってある種の物質が徐々に体内に蓄積され、一定の限界濃度に達することによって花芽形成を起こすものと考えるのが妥当といえよう。

トマトの花芽形成に関与する内的要因については別の機会に述べることにする。

文 献

- (1) CALVERT, A. 1957 Jour. Hort. Sci. 32 : 9.
- (2) CALVERT, A. 1959 Jour. Hort. Sci. 34 : 154.
- (3) COOPER, D. C. 1927 Bot. Gaz. 83 : 399.
- (4) COOPER, A. J. 1959 Jour. Hort. Sci. 34 : 96.
- (5) 江口庸雄, 他 1938 園学雑 9 : 259.
- (6) 江口庸雄, 他 1958 農技研報 E 7 : 167.
- (7) 藤井健雄, 他 1943 園学雑 14 : 26.
- (8) 藤井健雄, 他 1947 園学雑 16 : 53.
- (9) 藤井健雄, 他 1947 園学雑 16 : 66.
- (10) 藤井健雄 1948 果菜類の落花に関する研究. 河出書房.
- (11) 藤井健雄 1960 農業及園芸 35 : 313.
- (12) 藤井健雄, 他 1965 農業及園芸 40 : 29.
- (13) 福島与平, 他 1955 静岡大学農学部研究報告 5 : 1.
- (14) 伊藤 潔, 他 1959 農業及園芸 34 : 829.
- (15) GOODALL, D. W. 1936 Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt : 87.
- (16) 五島善秋, 他 1960 土肥誌 30 : 603.
- (17) 五島善秋, 他 1961 土肥誌 31 : 1.
- (18) 加藤 徹 1964 農業及園芸 39 : 1135.
- (19) LEWIS, D. 1953 Jour. Hort. Sci. 28 : 207.
- (20) 尾形亮輔, 他 1964 五島善秋編, 植物養分と花成の研究 : 67.
- (21) PHATAK, S. C. *et al.* 1966 Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88 : 527.
- (22) 斎藤 隆, 他 1962 園学雑 31 : 303.
- (23) 斎藤 隆, 他 1963 園学雑 32 : 49.
- (24) 斎藤 隆, 他 1963 園学雑 32 : 131.
- (25) 斎藤 隆, 他 1963 園学雑 32 : 186.
- (26) SMITH, O. 1935 Corn. Univ. Agr. Exp. Sta. Mem. 184 : 16.
- (27) 高橋文次郎, 他 1964 五島善秋編, 植物養分と花成の研究 : 79.
- (28) TEUBNER, F. G. *et al.* 1957 Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 69 : 343.
- (29) ROODENBURG, J. 1947 Meded. Direct. Tuinb. 10 : 296.
- (30) 渡辺 斉 1957 千葉大園芸学報 5 : 74.
- (31) 渡辺 斉 1959 千葉大園芸学報 7 : 57.
- (32) WITTWER, S. H. *et al.* 1957 Amer. Jour. Bot. 44 : 125.
- (33) WITTWER, S. H. 1963 Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83 : 688.