トマトの生育ならびに開花・結実に関する研究 (第9報)

花の形態、機能および落花に及ぼす幼苗期の環境条件の影響 (1)

夜温、光の強さおよび床土の肥沃度の影響

斎藤 隆・伊東 秀夫

(東北大学農学部)

Studies on the growth and fruiting in the tomato. IX.

Effects of the early environmental conditions and the cultural treatments on the morphological and physiological development of flowers and the flower drop. (I).

Effects of night temperature, light intensity and fertility of bed soil

T. SAITO and H. ITO

Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai

Summary

The present studies were carried out to ascertain the influence of the early environmental conditions and the cultural treatments upon the morphological and physiological development of the tomato flowers and the flower drop.

1. Effects of the early environmental conditions and the cultural treatments on the morphological development and the premature drop of the flowers.

Tomato seedlings (Variety : Fukuju No. 2) were grown at three different night temperatures (17°C, 24°C and 30°C) and/or under different light intensities (100, 74, 49 and 24 per cent of natural day light).

The higher night temperature and/or the lower light intensity retarded the morphological development of flowers and hence resulted in forming smaller flowers with smaller sepals, petals, ovaries and especially smaller anthers and heavy flower drop ensued.

Tomato seedlings were grown in the soils of three different levels of fertility. The lower became the soil fertility, the smaller became the flowers, with smaller sepals, petals, anthers and especially smaller ovaries and ensued the increased flower drop.

2. Relations between the morphological and the physiological development of the tomato flowers.

The seedlings grown at the higher night temperature and/or under the lower light intensity contained the lower level of total sugars and polysaccharides (including starch) in the flowers, stems and leaves.

These seedlings had smaller flowers and especially smaller anthers, with mostly abortive pollens and lower auxin content.

The seedlings grown in the soil of lower fertility contained the lower levels of nitrogenous constituents in the flowers, stems and leaves and had smaller flowers and especially smaller ovaries.

3. Relations between the flower drop and the morphological and physiological development of the flowers.

The flower drop of the seedlings grown at the higher night temperature and/or under the lower light intensity were effectively controlled by the auxin application at full bloom.

The flower drop of the seedlings grown in the soil of lower fertility were not effectively controlled by the auxin application at full bloom.

I. ま え が き

著者らは既報において、トマトの花芽形成にはたらくかける外的ならびに内的要因の影響について明らかにした (27~34)。

トマトの花芽分化は播種後 20~30 日ころの著しく早

い時期に起こり、苗はまだ非常に幼少で、その貯蔵養分も乏しい。しかも花芽分化が始まると次々と花は形成されていき、第1花房の花芽が分化し終わらないうちに既に次の花房の花芽が分化を始め、常に休みなく次々と花芽が分化している。

一方、分化した花原基は外側の器官より、すなわち萼

1967年1月5日受理

片、花卉、雄蕊、雌蕊と順次分化、発達していき、花芽分化後約 30 日で開花に至っている。

もちろんこの花芽の分化、発達は幼苗期の環境条件および植物体の栄養状態により影響されることが多く、高夜温、低光度、栄養特に窒素不足あるいは狭い株間などのもとでは、植物体の栄養状態は不良となり、花芽の着生数は減少し、花の各器官の発達は悪く、落花が多くなる。

トマトの花の各器官に現われる影響について HOW-LETT^(11,12) や藤井ら⁽⁷⁻¹⁰⁾ は、炭水化物の不足は花粉のデンプンを少なくし、発芽力を減じ、花粉管の伸長も遅く、したがって受精力を減ずるか、さらに甚しくなれば雄雌器官ともに不稔とし、窒素の欠乏は雌性器官に対して作用し、受精力を減退すると報じており、浅見ら^(1,2) は光線の減少、摘葉などによつてナスの短雌蕊花の発現が多くなることを認めている。

これらの事実から、植物体の栄養状態の不良によつて花器が不完全となり、受粉・受精が不能になつて落花が起こるものと考えられている。また、栄養が一般に不足する場合、初期の着果によつて植物体の栄養状態が一時いつそう不良となつて落花を助長することも知られている。

本実験では、幼苗期の環境および栄養条件を種々異ならしめて育成した場合の植物体の栄養状態と花器の発達状態との関連を明らかにするとともに、さらにそれが第1~2花房の初期の落花状態にどのように現われるかについて調査した。初期の着果によつて植物体の栄養状態が不良となつて落花するとみられる高位花房の落花については本報ではふれないことにする。

II. 材料および方法

材料 品種は福寿2号を用い、3月15日に苗箱に播種した。

供試個体数は各実験とも開花・結実調査用として1処理区18個体である。

方法 発芽直後15cm鉢に植え、子葉が十分に展開した後処理を開始し、第1花房の第1番花が開花するまで行なつた。

夜温処理は、昼温を25℃とし、夜温を17°、24°および30℃とした。

光の強さの処理は、自然日照の100%日照区、寒冷紗で遮光した74%日照区、49%日照区および24%日照区を設けた。

床土の肥沃度の処理は、慣行法による培養土（標準の床土）を用いた肥沃区、普通の畑土を用いた中肥区および無肥料に近い瘠薄区の3区を設けた。これらの床土の

肥料成分は前報⁽⁹⁾とほとんど同様である。

各処理区とも第1花房の第1番花が開花すると同時に処理を打ち切り、9個体ずつ2区に分けて一方をホルモン処理区とした。ホルモン剤としては Para-chlorophenoxyacetic acid (PCA) を主成分とするトマトーン[®]の100倍液を用い、各花房の各花の開花時にそれぞれ1花ずつ浸漬処理した。

各処理区とも処理終了後直ちに圃場に定植し、栽植距離は90cm×60cm、直立仕立とした。側芽は発生後直ちに摘除した。施肥その他の管理は集約に行なつた。

開花調査は第1花開花後毎日行ない、花房ごとにラベルをつけて開花日を記入した。収量調査は成熟したものを順次収穫して重量を測定した。

分析用材料は各処理区とも第1花房の開花開始期に採取した。

植物体の炭水化物と窒素化合物の分析は地上部全体について行ない、花の炭水化物と窒素化合物の分析は第1花房全体について行なつた。炭水化物は Somogyi 法、窒素化合物は Semimicro Kjeldahl 法によつて定量した。

花の Auxin の分析は、第1花房の開花期の花10個を採取し、過酸化物を除いたエーテルで0℃下で20時間抽出し、その抽出物を Avena curvature test にかかけ、Bioassay による定量を行なつた。

花の核酸の分析は、第1花房の開花期の花10個を採取し、前報⁽⁹⁾と全く同様の方法によつて抽出・定量を行なつた。

III. 成 績

1. 夜温の影響

(1) 落花状態

夜温17、24および30℃のもとで子葉展開直後から第1花房の第1番花が開花するまで育成した苗を圃場に定植し、開花・結実ならびに落花の状態を調査した結果は第1表、第1図のとおりである。

夜温が高いほど開花数ならびに着果数は少なく、落花は逆に夜温が高いほど多くなり、特に夜温30℃区では第1花房の花は著しく多く落花している。第2花房では第1花房に比べて夜温の影響は比較的少なくなつており、第2花房以上では圃場に定植された後の条件によつて花の発育がある程度行なわれ、高夜温の影響が上位花房にはそれほど及んでいなかったものとみられる。

これら各区の花の開花時にトマトーンを与えると落花は減少し、特に夜温30℃区ではトマトーン処理によつて第1花房の落花はほとんど完全におさえられている。

Table 1. Effect of night temperature on the flower drop in the first and second inflorescence.

Night temperature (°C)	Application of PCA	First inflorescence					Second inflorescence				
		Number of flowers formed	Number of flowers bloomed	Number of fruits set	Number of flowers dropped	Per cent of flowers dropped	Number of flowers formed	Number of flowers bloomed	Number of fruits set	Number of flowers dropped	Per cent of flowers dropped
17	None	9.8	8.7	7.7	1.0	11.5	10.1	9.2	7.7	1.5	16.3
	PCA	9.7	8.4	7.5	0.9	10.7	9.9	8.5	7.3	1.2	14.1
24	None	8.1	7.4	6.2	1.2	16.2	8.9	7.9	6.3	1.6	20.3
	PCA	8.2	7.5	6.7	0.8	10.7	8.7	7.5	6.6	0.9	12.0
30	None	6.0	5.5	2.2	3.3	60.0	6.5	6.0	3.8	2.2	36.7
	PCA	6.3	5.2	4.4	0.8	15.4	6.4	6.2	5.2	1.0	16.1

A : 17°C, B : 24°C, C : 30°C, D : PCA application

Fig. 1. Effect of night temperature on the fruiting in the first and second inflorescence.

(2) 花の形態

第1花房の第1番花の開花時における花の形態を示すと第2表、第2図のとおりで、17°C区の花は最もよく分化発達し、萼片、葯、子房ともに最も大きく、24°C区の花は17°C区の花に比べて各器官とも、わずかながら小さいが17°C区とともに完全に発達している。30°C区の花は著しく小さく、全重では17°C区の約1/3であり、特に葯の発達がおさえられて17°C区の約1/4~1/5となり、葯はほとんど空胞で花粉の発達はほとんどみられ

ず、子房は葯に比べて比較的よく発達している。この30°C区の花は花柱の長さに対して葯が小さく、柱頭が突出しており、いわゆる短雄蕊花あるいは短葯花となっている。第2番花以下の花の発育状態も第1番花と全く同様の傾向を示すが、いずれの処理区においても開花の遅れるほど順次花の大きさは小さくなっている。

(3) 体内成分

夜温の影響が最も明確に現われた第1花房の落花状態と体内成分との関係を見るために、各区の第1花房の第

Table 2. Effect of night temperature on the morphological development of first flower in the first inflorescence.

Night temperature (°C)	Total weight of flower (mg)	Diameter of peduncle (mm)	Length of sepal (mm)	Weight of sepals (mg)	Length of anther (mm)	Weight of anthers (mg)	Length of style (mm)	Diameter of ovary (mm)	Weight of ovary (mg)
17	98.3	1.08	13.5	26.3	11.0	39.7	8.9	26 × 24	9.8
24	87.4	1.02	13.0	24.0	10.5	34.5	8.5	24 × 22	8.2
30	32.0	0.64	10.0	14.5	5.7	8.4	6.1	22 × 20	4.8

Table 3. Effect of night temperature on the chemical constituents in the top of seedling (Per cent on fresh weight basis).

Night temperature (°C)	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen (N)	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates (C)	C/N
17	8.63	0.109	0.331	0.440	0.932	0.424	1.356	0.785	1.892	3.248	7.38
24	7.93	0.117	0.303	0.420	0.770	0.394	1.164	0.514	1.404	2.568	6.11
30	6.40	0.128	0.211	0.339	0.274	0.353	0.627	0.183	0.742	1.369	4.04

Table 4. Effect of night temperature on the chemical constituents in the first inflorescence (Per cent on fresh weight basis).

Night temperature (°C)	Dry matter per cent	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen (N)	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates (C)	C/N
17	9.22	0.170	0.600	0.770	0.830	0.489	1.319	0.490	1.518	2.837	3.68
24	8.45	0.180	0.538	0.718	0.703	0.405	1.108	0.343	1.251	2.359	3.20
30	4.74	0.186	0.307	0.493	0.478	0.175	0.653	0.190	0.600	1.253	2.54

Table 5. Effect of night temperature on the auxin content in the flower.

Night temperature (°C)	Degrees in Avena curvature test
17	27.4 ± 1.8
24	24.6 ± 1.3
30	7.9 ± 1.2

Table 6. Effect of night temperature on the nucleic acid content in the flower.

Night temperature (°C)	DNA (Optical density at 490 mμ)	RNA (Optical density at 675 mμ)
17	0.187	1.54
24	0.113	1.21
30	0.062	0.47

花の成分をみると、窒素化合物と炭水化物の含量は植物体とほとんど同様の傾向を示し、夜温の高いほど炭水化物が少なくなっている。

Auxin 含量は 17°C 区で最も多く、夜温の高いほど減少し、30°C 区では著しく少なへなっている。

核酸含量は DNA・RNA とともに夜温の高くなるに伴って減少している。

2. 光の強さの影響

(1) 落花状態

光の強さを種々変えて子葉展開直後から第 1 花房の開花開始まで育成した苗を圃場に定植して、開花、結実ならびに落花の状態を調査した結果は第 7 表のとおりである。

光の強さが弱くなるに伴って開花数・着果数が少なく

A : 17°C, B : 24°C, C : 30°C

Fig. 2. Effect of night temperature on the morphological development of first flower in the first inflorescence.

1 番花の開花時における植物体と第 1 花房の花の成分をみると第 3~6 表のとおりである。

植物体の窒素化合物と炭水化物の含量をみると、高夜温区では可溶性窒素は多いが、不溶性窒素が少なく、全窒素が少なくなっており、全糖、デンプンおよび多糖類もともに少なく、全炭水化物の含量は 30°C 区では 17°C 区の約 1/2 である。

Table 7. Effect of light intensity on the flower drop in the first and second inflorescence.

Light intensity (Per cent of day light)	Appli- cation of PCA	First inflorescence					Second inflorescence				
		Number of flowers formed	Number of flowers bloomed	Number of fruits set	Number of flowers dropped	Per cent of flowers dropped	Number of flowers formed	Number of flowers bloomed	Number of fruits set	Number of flowers dropped	Per cent of flowers dropped
100	None	8.1	7.4	6.2	1.2	16.2	8.9	7.9	6.3	1.6	20.3
	PCA	8.2	7.5	6.7	0.8	10.7	8.7	7.5	6.6	0.9	12.0
74	None	6.5	6.0	4.3	1.7	28.3	7.3	7.0	4.7	2.3	32.9
	PCA	6.7	6.4	5.3	1.1	17.2	7.2	6.9	5.5	1.4	20.3
49	None	5.9	5.4	3.5	1.9	35.2	6.5	6.1	3.5	2.6	42.6
	PCA	6.0	5.5	4.5	1.0	18.2	6.7	6.4	4.6	1.8	28.1
24	None	4.9	3.8	0.2	3.6	94.8	6.0	5.5	3.1	2.4	43.6
	PCA	4.8	3.6	2.4	1.2	33.3	6.0	5.3	3.7	1.6	30.2

なり、落花は逆に光の強さの弱いほど多くなり、特に24%日照区の第1花房ではほとんどの花が落花している。上位花房になるにつれて落花は減少しているが、強遮光区では栄養状態の回復が悪いので第3花房においても落花率が高くなっている。

これらにトマトトーンを与えると落花は減少し、各区ともそれぞれ順次落花率が減少し、特に24%日照区ではトマトトーンを処理しない場合にはほとんど全部が落花したのに対し、トマトトーンを与えると落花率は33%に減少している。

(2) 花の形態

第1花房の第1番花の開花時における花の形態を示すと第8表、第3図のとおりで、光の弱いほど花は小さくなり、萼片、葯、子房ともに小さくなり、特に葯の発達がおさえられ、24%日照区では花粉の形成はほとんどみられず葯は空胞となり、短雄蕊花となった。

(3) 体内成分

落花状態と体内成分との関係を見るために、各区の第1花房の第1番花の開花時における植物体と第1花房の花の成分を示すと第9～12表のとおりである。

植物体の成分をみると、可溶性窒素は光の強さによって大差は認められないが、不溶性窒素は光の強さの弱い

A : Natural day light, B : 74% day light
C : 49% day light, D : 24% day light

Fig. 3. Effect of light intensity on the morphological development of first flower in the first inflorescence.

Table 8. Effect of light intensity on the morphological development of first flower in the first inflorescence.

Light intensity (Per cent of day light)	Total weight of flower (mg)	Diameter of peduncle (mm)	Length of sepal (mm)	Weight of sepals (mg)	Length of anther (mm)	Weight of anthers (mg)	Length of style (mm)	Diameter of ovary (mm)	Weight of ovary (mg)
100	87.4	1.02	13.0	24.0	10.5	34.5	8.5	24×22	8.2
74	80.7	0.98	11.5	20.5	10.5	26.7	8.0	24×21	7.1
49	60.1	0.83	9.1	14.8	9.6	19.6	7.1	22×21	5.3
24	27.6	0.62	6.8	7.7	3.5	3.8	5.1	20×19	4.2

Table 9. Effect of light intensity on the chemical constituents in the top of seedling (Per cent on fresh weight basis).

Light intensity (Per cent of day light)	Dry matter	Soluble nitrogen	Inso-luble nitrogen	Total nitrogen (N)	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbo-hydrates (C)	C/N
100	7.93	0.117	0.303	0.420	0.770	0.394	1.164	0.514	1.404	2.568	6.11
74	6.02	0.118	0.233	0.351	0.695	0.247	0.943	0.402	0.971	1.914	5.45
49	4.18	0.103	0.174	0.277	0.527	0.227	0.754	0.241	0.742	1.496	5.40
24	3.21	0.098	0.121	0.219	0.245	0.093	0.338	0.076	0.332	0.670	3.06

Table 10. Effect of light intensity on the chemical constituents in the first inflorescence (Per cent on fresh weight basis).

Light intensity (Per cent of day light)	Dry matter per cent	Soluble nitrogen	Inso-luble nitrogen	Total nitrogen (N)	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbo-hydrates (C)	C/N
100	8.45	0.180	0.532	0.718	0.703	0.405	1.108	0.343	1.251	2.359	3.29
74	7.03	0.115	0.354	0.469	0.546	0.284	0.830	0.324	1.062	1.892	4.03
49	6.29	0.122	0.287	0.409	0.448	0.232	0.680	0.178	0.624	1.304	3.19
24	4.94	0.115	0.198	0.313	0.132	0.148	0.280	0.051	0.284	0.564	1.80

Table 11. Effect of light intensity on the auxin content in the flower.

Light intensity (Per cent of day light)	Degrees in Avena curvature test
100	24.6±1.3
74	17.5±1.5
49	14.9±1.4
24	5.6±0.9

Table 12. Effect of light intensity on the nucleic acid content in the flower.

Light intensity (Per cent of day light)	DNA (Optical density at 490μm)	RNA (Optical density at 675mμ)
100	0.113	1.21
74	0.092	1.09
49	0.080	0.89
24	0.048	0.36

次に、花の成分をみると、窒素化合物と炭水化物の含量は植物体とほとんど同様の傾向を示している。

Auxin 含量は光の強さの弱い区の花ほど少なくなっている。

核酸含量も DNA, RNA ともに光の弱い区ほど少ない。

3. 床土の肥沃度の影響

(1) 落花状態

ほど減少し、全窒素も同様に少なくなっている。全糖、デンプン、多糖類の炭水化物もともに光の強さの弱いほど少なくなっている。

床土の肥沃度を変えて育成した苗を圃場に定植して、開花・結実ならびに落花の状態を調査した結果は第 13 表のとおりである。

床土の肥沃な区は着花数・着果数が最も多く、床土が

Table 13. Effect of fertility of bed soil on the flower drop in the first and second inflorescence.

Fertility of bed soil	Applica-tion of PCA	First inflorescence					Second inflorescence				
		Number of flowers formed	Number of flowers bloomed	Number of fruits set	Number of flowers dropped	Per cent of flowers dropped	Number of flowers formed	Number of flowers bloomed	Number of fruits set	Number of flowers dropped	Per cent of flowers dropped
Rich	None PCA	9.8	8.7	7.7	1.0	11.5	10.1	9.2	7.7	1.5	16.3
		9.7	8.4	7.5	0.9	10.7	9.9	8.5	7.3	1.2	14.1
Medium	None PCA	7.8	6.8	5.1	1.7	25.0	8.3	7.8	5.3	2.5	32.1
		7.9	7.0	5.6	1.4	20.0	8.2	7.5	5.6	1.9	25.3
Poor	None PCA	5.4	4.5	2.8	1.7	37.8	6.7	5.5	3.1	2.4	43.6
		5.2	3.2	1.5	1.7	53.1	6.7	5.7	2.5	3.2	56.1

Table 14. Effect of fertility of bed soil on the morphological development of first flower in the first inflorescence.

Fertility of bed soil	Total weight of flower (mg)	Diameter of peduncle (mm)	Length of sepal (mm)	Weight of sepals (mg)	Length of anther (mm)	Weight of anthers (mg)	Length of style (mm)	Diameter of ovary (mm)	Weight of ovary (mg)
Rich	98.4	1.08	13.5	26.3	11.0	39.7	8.9	26×24	9.8
Medium	72.7	0.94	11.0	17.1	10.1	32.3	7.5	23×21	6.8
Poor	60.4	0.82	8.8	12.0	10.0	27.5	7.1	21×19	4.5

Table 15. Effect of fertility of bed soil on the chemical constituents in the top of seedling (Per cent on fresh weight basis)

Fertility of bed soil	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen (N)	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates (C)	C/N
Rich	8.63	0.109	0.331	0.440	0.932	0.424	1.356	0.785	1.892	3.248	7.38
Medium	9.88	0.051	0.178	0.229	0.848	0.378	1.226	1.257	2.509	3.735	16.30
Poor	11.12	0.028	0.105	0.133	1.082	0.401	1.483	1.757	3.509	4.992	37.01

Table 16. Effect of fertility of bed soil on the chemical constituents in the first inflorescence (Per cent on fresh weight basis).

Fertility of bed soil	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen (N)	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates (C)	C/N
Rich	9.22	0.170	0.600	0.770	0.830	0.489	1.319	0.490	1.518	2.837	3.68
Medium	9.52	0.085	0.243	0.328	0.723	0.356	1.079	0.421	1.382	2.461	7.50
Poor	9.86	0.049	0.181	0.230	0.673	0.256	0.929	0.311	1.280	2.209	9.60

Table 17. Effect of fertility of bed soil on the auxin content in the flower.

Fertility of bed soil	Degrees in Avena curvature test
Rich	27.4±1.8
Medium	22.2±1.9
Poor	19.1±1.3

Table 18. Effect of fertility of bed soil on the nucleic acid content in the flower.

Fertility of bed soil	DNA (Optical density at 490 mμ)	RNA (Optical density at 675 mμ)
Rich	0.187	1.54
Medium	0.098	1.01
Poor	0.082	0.88

第1花房の第1番花の開花時における花の発達状態をみると第14表のごとくで、肥沃区の花が最も大きく、瘠薄な区ほど花は小さくなり、萼片、葯、子房ともにそれぞれ順次小さくなっている。しかし、瘠土区でも葯は比較的大きく、花粉の形成も完全であり、子房の発達抑制に比べて葯の重さの減少割合は少ない。

(3) 体内成分

落花状態と体内成分との関係を見るために、各区の第1花房の開花開始時における植物体と第1花房の花の成分をみると第15～18表のとおりである。

植物体の成分をみると、窒素化合物は床土の肥沃なほど可溶性・不溶性ともに多い。炭水化物は瘠薄な区ほど多くなっており、特に多糖類が多く、全糖は大差がない。

花の成分をみると、窒素化合物・炭水化物ともに床土の瘠薄な区ほど少なく、植物体の傾向とは異なっている。

Auxin 含量は肥沃区で最も多く、瘠薄な区程少ない。

核酸含量も瘠薄な区ほど少なくなっている。

瘠薄になるに伴って着花数・着果数は減少し、落花は逆に多くなり、特に瘠土区ではいずれの花房でも落花率が著しく高くなっている。

トマトーンを与えると床土の肥沃な区では落花がある程度減少しているが、瘠土区では逆に落花が増加している。これはトマトーン処理によつて先に開花した果実が大きくなつて養分を多く吸引し、後から開花した花は養分不足となつて落花がますます増加したものとみられる。

(2) 花の形態

IV. 考 察

1. 落花と体内成分との関連

種々の条件下で育成した植物体の落花状態と体内成分との関連についてまず考察してみよう。

落花に対する夜温の影響をみると、夜温の高いほど花の着生数が少なく、開花時における花は小さく、落花・落蕾が多くなつて、着果数が少なくなっている。その体内成分においても、夜温の高いほど炭水化物の消費が多く、可溶性糖類、デンプン、多糖類のいずれも蓄積量が少なくなっており、その含量とほぼ平行して落花が多くなつて着果が少なくなっている。第1花房の花の成分も植物体と全く同様の傾向を示し、夜温の高いほど糖類、デンプン、多糖類のいずれの含量も少なく、また Auxin や核酸の含量も少なくなっており、高夜温による植物体の栄養状態の不良が花の栄養をも不良にし、花の素質を悪くして落花・落蕾を多くしているものと考えられる。藤井ら⁽⁸⁻¹⁰⁾も温度の影響について、低温の場合はそれが発育を障害せぬ範囲ではむしろ貯蔵養分を増加するので落花を減少することを認め、高温特に高夜温は物質代謝を盛んにし、ある限度を越えると同化生産と呼吸消費との平衡がとれなくなり、栄養不良のために素質不良の花を着生するようになり、著しい落花・落蕾を生ずることを認めている。昼の高温はある程度までは同化作用を促進するが、夜間の高温はその消耗を高めることは一般に認められており、FOSTER ら^(5,6)によれば 65°F において栽培されたトマト植物体内のデンプン含量は 25% に近いのに対し、70°F では 12%, 74°F では 9% に過ぎない。またこの高温による炭水化物の減少は水分および窒素質肥料を与えた場合にはなお一層低下することが NIGHTINGALE⁽²³⁾ によつて認められており、95°F のような高温下では栄養平衡が保てずに枯死したと述べている。これらの成績からも明らかなように、高温による炭水化物の消耗が植物体の栄養状態を不良にし、それがさらに花の栄養を不良にし、花の発育をおさえ、落花および落蕾を招来しているものと考えられる。花に対する温度の直接的な影響についても多くの報告があり^(9,10,13,14,25,37) 開花期前後に高温に遭遇することによつて花粉の機能を減退せしめ、受精障害を起こして落花を多くすることが認められている。

落花に対する光の強さの影響をみると、光の弱いほど花の着生数は少なく、花は小さく、落花が多く、着果数が少なくなっている。その体内成分においても、光度の低下によつて同化作用がおさえられ、光の強さの弱いほど糖、デンプン、多糖類のいずれの含量も少なくなり、花の成分も植物体の成分と同様の傾向を示し、光度の低

下に伴つて炭水化物の含量は少なく、Auxin や核酸の含量も少なくなっており、これらの成分の減少度合とほぼ平行して着果数が減少し、落花が多くなっている。藤井ら^(7,10)も光度と落花との関連を調べ、光度の低下に伴つて落花が多くなることを認めている。元来トマトは光度の減少に敏感であり、同化作用に対する最適光度が高く、PORTER⁽²⁴⁾、CHRISTOPHER⁽⁴⁾ らは光度の減少と同化力の減少は平行していることを認めている。光度の減少が植物体内の炭水化物を減少せしめるとともに、その含有する窒素化合物の割合を増加せしめ、C/N を低下することは一般に認められることであり、このことが花芽形成を不良にすることは KRAUS and KRAYBILL⁽¹⁶⁾ 以来多くの実験が示している^(22,39)。また日照の不足が体内栄養状態を不良にし、落花および落果を誘発することは多くの人が多くの作物について述べているところであり、本実験の成績からも、同化生産物の不足が植物体の栄養状態を不良にし、さらにそれが花の栄養状態をも不良にし、花の発育を悪くして落花・落蕾を多くしたものと考えられる。

床土の肥沃度の影響として、瘠薄な床土で苗を育成した場合には花の着生数が少なく、花の発育がおさえられ、落花が多くなっている。本実験に用いた床土は前報で用いた床土と全く同様であり、その肥料成分をみると、瘠薄な床土ほど窒素、リン酸、加里の含量がともに少なくなっており、これら窒素、リン酸、加里の少ないことが苗の生育ならびに開花・結実を不良にし、落花を多くしたものと考えられる。また第3報⁽³⁰⁾ において育苗期の窒素、リン酸、加里の個々の影響について報告し、生育ならびに花芽形成に対して窒素とリン酸の影響が著しく、加里の影響は比較的少ないことを認め、リン酸も窒素に比べて著しく低濃度でも良好な生育を示し、花芽形成の遅延も少ないことを認めている。これらの事実から考えて、瘠薄な床土で育苗した場合に窒素とリン酸特に窒素の不足によつて苗の生育ならびに開花・結実が不良となり、落花が増大したものと考えられる。そこでこれらの植物体の体内成分をみると、肥沃度の劣る床土で育成された植物体では、炭水化物特に多糖類の含量が多いが、窒素化合物の含量は可溶性、不溶性ともに著しく少なくなっている。花の成分はこれら植物体とは異なり、瘠薄な床土区ほど炭水化物と窒素化合物がともに少なく、Auxin と核酸の含量も少なくなっており、これらの成分とほぼ平行して着花が少なくなつて落花が多くなっている。肥料特に窒素栄養の不足するような場合には植物体の炭水化物の含量が多くても花の栄養が不良となり、落花・落蕾が多くなつたものと考えられる。ト

マトの結実と施肥量との関係については多くの実験が行なわれており、特に窒素栄養との関係についての実験が多く、WORK⁽⁴⁰⁾、KRAYBILL⁽¹⁷⁾、MACK ら⁽²⁰⁾、渡辺ら⁽³⁸⁾、森ら⁽²¹⁾は肥料の不足、特に窒素の欠乏が落花を多くし、窒素の多用によつて生育が盛んとなり、開花・結実が良好で収量が増すことを認めている。一方、KRAUS and KRAYBILL⁽¹⁶⁾、NIGHTINGALE⁽²³⁾らは窒素が過多になると植物体内の C/N 値を低下せしめる結果栄養生長のみが盛んとなり、開花・結実が不良となるといい、LAMBETH⁽¹⁸⁾、LEOPOLD⁽¹⁹⁾、KLOES⁽¹⁵⁾らも開花が遅れることを認めている。浅見ら^(1,2)のナスを用いた実験によると、窒素多用のときに明らかに体内の C/N 値を低下させるが、実止歩合は必ずしも低下していないことを示しており、かつ窒素供給の多少よりも光度の多少が結実に影響すると述べている。十分な光線のもとでは窒素の多用によつて開花・結実が良好となり、窒素の不足によつて生育不良で落花が増大するものと考えられる。

以上のように高夜温や光度の減少の場合のように同化量の減少あるいは同化物質の消費量の増大によつて体内の糖類、デンプン、多糖類のいずれも少なく、炭水化物の蓄積量の少ないような場合においては著しい落花・落蕾を誘発せしめている。また一方、床土の肥沃度の劣る場合のように体内の窒素化合物の不足するような場合においても落花・花蕾は多くなっている。体内における炭水化物と窒素化合物のいずれが減少した場合にも着花数が少なくなるとともに落花・落蕾が増大するようであり、花芽形成およびその結実には炭水化物と窒素化合物のいずれも重要な役割を果していることが明らかであり、炭水化物と窒素化合物のともに多いような場合に花芽の着生数が増大し、その素質もよく、落花も少ないものと考えられる。

2. 花の形態と体内成分との関連

種々の外的条件が植物体内の栄養状態を不良にし、花の素質を低下せしめて落花・落蕾を誘発するとすれば、その影響は花のいかなる器官に現われるものであるかについてみてみよう。

高夜温や光度の減少などの処理区においては、体内の炭水化物の蓄積量を少なくすることは前述のとおりであるが、このような場合にはいずれの区においても花は小さくなり、萼片、葯、子房のいずれの器官も発育がおさえられており、特に葯の発達がおさえられ、花粉の充実が悪く、多くの不稔花粉を生じており、葯の発達抑制の程度と炭水化物の減少度合とはほぼ平行している。これらの処理区において、開花時にトマトーンを施与する

ことによつて落花は著しく減少し、果実は正常に発達しており、これらの条件下で育成された場合に、花の子房は発達をおさえられるが、その機能はそれほど減退していないようであり、葯の発達がおさえられて不稔花粉となり、花粉の機能の減退によつて受精が行なわれないために着果せずに落花したものと考えられる。一方、肥沃度の劣る床土で育成された植物体では窒素化合物が不足しており、このような場合においても花は小さくなり、萼片、葯、子房のいずれの器官も発達がおさえられている。しかし、炭水化物の不足した場合とは異なり、葯の発達はそれほどおさえられず、花粉も正常であり、受精も完全に行なわれたようであるが、第1花房では最初の1~2花は着果するが、その後に開花した花あるいは蕾はほとんど落花している。この区にトマトーンを与えると、第1花の発育はトマトーンを与えない場合より著しく増大するが落花はかえつて多くなっている。これらの事実から考えて、窒素栄養の不良による落花の増大は、花器の不完全による受粉・受精の不能によつて起こるものではなく、栄養生長の抑制によつて葉面積が著しく減少し、植物体の養分含量の著しい減少による栄養の不足によつて起こつたものであり、トマトーンを与えると第1果の発育が増大するので、この初期の着果によつて植物体の栄養状態が一層不良となつて落花を助長したものと考えられる。

植物体の C/N の変化が花器に影響するところが大きいことは HOWLETT^(11,12) や藤井ら⁽⁷⁻¹⁰⁾によつても認められている。HOWLETT^(11,12)は、短日によつて炭水化物合成が不良となれば退化花粉を生じ、さらに極端になればその成熟分裂が行なわれず、開花に至らずごく若いうちに落花するといひ、また窒素化合物が過多で発育が過大、炭水化物がやや不足するような状態においては外観は正常であるが不発芽の花粉を生ずることを認めている。しかし、この場合雌性花器には影響がないと述べている。また窒素の不足は花粉には影響なく、相当な欠乏に際しても正常な花粉を生ずるが、雌蕊にはその影響が強く現われ、発育不良で受精能力を減退することを認めている。藤井ら^(7,10)は低度の減光では HOWLETT の結果の如く、雄蕊の機能のみを減退せしめるが、これが高度となれば雄蕊の機能も非常に減退するがむしろ雌蕊により多くの障害を与え、全くその機能を失わしめると述べている。

浅見ら^(1,2)はナスにおいて光線の減少、摘葉などによつて雌蕊の短かい異常花の多くなることを認め、HOWLETT⁽¹²⁾もトマトにおいて短日、低光度の場合、窒素化合物の多い場合に雌雄蕊は短縮されるが、雌蕊の短小

となる率が高いと述べている。また SMITH⁽³⁶⁾ は高温乾燥により花柱は伸長、褐変して受精を不可能ならしめると述べ、BURK⁽³⁾ は冬期短日下で栽培すれば雌蕊が長く突出する品種があり、これが不結果を多くする原因であると述べている。藤井ら⁽⁷⁾ は花の形態的調査を行なっていないが、花柱の長さは光度によつて差のあるようには見受けられなかつたと述べている。本実験における各処理区の花柱の長さをみると、花の大きさと花柱の長さとはだいたい同様の傾向を示し、小さな花では花柱も短くなっている。高夜温や低光度区では、花柱の長さが短縮されると同時にさらに葯の発達著しくおさえられ、ほとんど不稔花粉で葯は空胞になつて矮小化し、柱頭が葯より突出しているので、外観的にはあたかも長花柱花となつたように認められるが、実際には花柱も短縮しているので短雄蕊花あるいは短葯花となつたとみるべきであろう。これに対し、肥沃度の劣る床土区では花のいずれの器官も相対的に同程度に発達がおさえられており、正常花を小型にしたような形を呈し、外観的に形態的な異常はほとんど認められない。

発育の悪い小さい花では花梗も細くなつており、開花時における花の大きさと花梗の太さとはほぼ平行しており、花梗の太さをもつて花の大きさを代表させることができるようである。花梗の細いものは栄養の供給が悪く、落花するものとされているが^(7,10,27,37)、本実験でもそのことは認められ、花芽が分化して開花するまでの発育時の植物体の栄養によつて花梗の大小は定まるものであり、植物体の栄養不良は発育時の花への栄養供給も悪く、花梗は細く、花は小さく、素質の悪い花となつて落花するに至ると考えられる。

花の形態と Auxin 量との関連をみると、高夜温や低光度区のような葯の発達がおさえられた花において Auxin 含量が著しく減少しており、葯の発達程度と Auxin 量とは平行しているようにみられる。一般に開花時の子房には Auxin はほとんど含有しておらず、受精して胚が発達を始めることによつて Auxin 量が増加してくることが認められており、本実験においては子房と葯とを分けずに Auxin 抽出を行なっているため、この開花時における花の Auxin はたぶん主として葯に含まれるものであり、開花時における葯の発達程度と Auxin 量とは平行しているものと考えられる。

花の発達と核酸含量との関連をみると、発育の悪い小さい花では核酸の含量が少なくなつており、植物体の栄養不良が花の炭水化物や窒素化合物を少なくするとともに Auxin や核酸の含量をも少なくし、花の発達をおさえ落花・落蕾を多くするものと考えられる。

V. 摘 要

トマトの花の形態、機能および落花に対する幼苗期の環境条件ならびに肥培管理操作の影響について実験した。

1. 花の形態と落花に対する幼苗期の環境条件の影響種々の条件下で育成した苗の開花時における花の形態と落花との関係をみると、夜温を 17°, 24° および 30°C とした場合夜温の高いほど、光の強さを自然日照の 100% 日照、寒冷紗で遮光して 74% 日照、49% 日照および 24% 日照とした場合光の弱いほど、それぞれ花は小さくなり、萼片、葯、子房ともに小さく、特に葯の発達がおさえられ、落花が増加した。床土の肥沃度を種々の程度に変えた場合、肥沃度の劣るほど花は小さくなり、萼片、葯、子房のいずれの器官も発達がおさえられるが、葯の発達抑制に比べて子房の発達がよりおさえられ、落花が増加した。

2. 落花と体内成分との関連 高夜温または光度の減少の場合のように同化量の減少あるいは同化物質の消費量の増大によつて体内の糖類、デンプン、多糖類のいずれも少なく、炭水化物の蓄積量の少ないような場合においては著しい落花・落蕾を誘発せしめている。また一方、床土の肥沃度の劣る場合のように体内の窒素化合物の不足するような場合においても落花は多くなっている。体内における炭水化物と窒素化合物のいずれが減少した場合にも着花数が少なくなるとともに落花・落蕾が増大している。しかし、高夜温または光度の減少のように体内の炭水化物が減少した場合には、ホルモン処理によつて落花は減少しており、これらの場合は花粉が不稔となつて受精が行なわれないために落花したもののみみられる。床土の肥沃度の劣る場合にはホルモン処理によつて落花は逆に増加しており、この場合は葉面積の減少によつて体内の養分が不足し、さらに初期の着果によつて体内の栄養状態がいつそう不良となつて落花を助長したもののみみられる。

3. 花の形態と体内成分との関連 高夜温または光度の低下などの体内の炭水化物の蓄積量を少なくするような場合には花の成分も少なくなり、萼片、葯、子房のいずれの器官も発達がおさえられ、特に葯の発達が著しくおさえられ、花粉の充実が悪く、多くの不稔花粉を生じている。肥沃度の劣る床土で育成されて体内の窒素化合物の含量を少なくするような場合にも花の成分が不良となつて花の発達はおさえられ、萼片、葯、子房ともに小さくなるが、子房に比べて葯の発達抑制は比較的少なく、花粉も正常に形成されている。また、葯の発達がおさえられた花においては Auxin 含量が著しく減少して

おり、蒴の発達程度と Auxin 量とは平行しているようにみられる。これらの花においては核酸の含量も少なくなっている。

文 献

1. 浅見与七・門田寅太郎. 1933. 農業及園芸 8 : 1380—1398.
2. ———・———・佐藤進一. 1934. 農業及園芸 9 : 1895—1908, 2119—2134.
3. BUCK, E. F. 1930. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 26 : 239—240.
4. CHRISTOPHER, E. P. 1930. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 26.
5. FOSTER, A. C. and E. C. TATMAN. Jour. Agr. Res. 56 : 869—881.
6. ——— and ———. 1940. Jour. Agr. Res. 61 : 697—720.
7. 藤井健雄・斎藤博明・中村平和. 1941. 農業及園芸 16 : 1600—1604, 1740—1744.
8. ———・戸井田義孝・稲子幸元. 1942. 農業及園芸 17 : 14—20.
9. ———. 1946. 園芸学研究集録 3 : 12—28.
10. ———. 1948. 果菜類の落花に関する研究. 河出書房.
11. HOWLETT, F. S. 1935. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32 : 448—449.
12. ———. 1939. Jour. Agr. Res. 58 : 79—112.
13. 岩堀修一・高橋和彦. 1964. 園学雑. 33 : 67—74.
14. IWAHORI, S. 1965. Jour. Jap. Soc. Hort. Sci. 34 : 33—41.
15. KLOES, L. J. J. 1952. Rept. 13th Internat. Hort. Congr. 11 : 871—883.
16. KRAUS, E. J. and H. R. KRAYBILL. 1918. Oreg. Agr. Exp. Sta. Bull. 149 : 90.
17. KRAYBILL, H. R. 1925. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 22 : 371 : 374.
18. LAMBETH, V. N. 1948. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 52 : 347—349.
19. LEOPOLD, A. C. and F. S. GUERESEY. 1953. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 333—338.
20. MACK, W. B. and G. J. STOUT. 1934. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32 : 536—540.
21. 森 英男・阿部 勇. 1956. 園学雑. 25 : 69—76.
22. NIGHTINGALE, G. T. 1923. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 19 : 18—29.
23. ———. 1933. Bot. Gaz. 95 : 35—58.
24. PORTER, A. M. 1937. Plant Physiol. 12 : 225—252.
25. RADSPINNER, W. A. 1923. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 19 : 71—82.
26. 斎藤邦八. 1933. 農業及園芸 8 : 1212—1230.
27. 斎藤 隆・伊東秀夫. 1962. 園学雑. 31 : 303—314.
28. ———・畑山富男・伊東秀夫. 1963. 園学雑. 32 : 49—60.
29. ———・———・———. 園学雑. 32 : 131—142.
30. ———・今野義孝・———. 園学雑. 32 : 186—196.
31. ———・伊東秀夫. 1965. 園学雑. 34 : 321—333.
32. ———・———. 1966. 園学雑. 35 : 247—259.
33. ———・———. 1966. 園学雑. 35 : 271—278.
34. ———・———. 1967. 園学雑. 36 : 79—90.
35. SMITH, O. 1931. Jour. Agr. Res. 43 : 83—94.
36. ———. 1932. Jour. Agr. Res. 44 : 183—190.
37. TIEDJENS, V. A. and L. G. SCHRMERHORN. 1938. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36 : 737—739.
38. 渡辺誠三・船串 武・小田川賢司・宍倉忠一. 1940. 園学雑. 12 : 35—54.
39. WATTS, V. M. 1931. Arkansas Agr. Exp. Sta. Bull. 267.
40. WORK, P. 1924. Corn. Univ. Agr. Exp. Sta. Mem. 75.