トマトの生育ならびに開花・結実に関する研究 (第6報)

生育ならびに花芽形成に及ぼす植物生長調整物質の影響

斎藤 隆・伊東 秀夫

(東北大学農学部)

T. SAITO and H. ITO: Studies on the growth and fruiting in the tomato. VI.

Effect of plant growth regulating substances on the growth and flower formation

Summary

The present studies were carried out to ascertain the influence of the application of various plant growth regulating substances on the growth and flower formation of tomato plants.

Spraying with plant growth regulating substances was begun when the cotyledon expanded fully and repeated eight times at 5-day-intervals.

1. Effect of application of indoleacetic acid (IAA) on the vegetative and reproductive responses.

Plants were sprayed with solution of IAA at 1, 10 and 100 ppm.

Application of low concentration of IAA solution (1 and 10 ppm) failed to induce any effect.

High concentration of IAA solution (100 ppm) restricted the plant growth and the flower bud differentiation, resulting in the decrease in the number of flowers.

2. Effect of application of naphthaleneacetic acid (NAA) on the vegetative and reproductive responses.

Plants were sprayed with solution of NAA at 0.1, 1 and 10 ppm.

Low concentration of NAA solution (0.1 and 1 ppm) failed to induce any effect. High concentration of NAA solution (10 ppm) restricted the plant growth, being followed by the retardation of the flower bud differentiation, the increase in the number of leaves to the first inflorescence and the decrease in the number of flowers with the retardation of their development.

3. Effect of application of N-meta-tolylphthalamic acid (TPA) on the vegetative and reproductive responses.

Plants were sprayed with solution of TPA at 50, 200 and 1,000 ppm.

The higher the concentration of TPA solution, the weaker the plant growth, and the earlier the date of the flower bud differentiation, resulting in the decrease in the number of leaves to the first inflorescence, and in the increase in the number of flowers.

4. Effect of application of gibberellin A₃ (GA₃) on the vegetative and reproductive responses.

Plants were applied with 5, 20, 50 and 100 ppm solution.

The higher the concentration of the applied GA₃, the more vigorous the stem elongation, but the less the top weight, and the later the flower bud differentiation, resulting in the increase in the number of leaves to the first inflorescence, and in the decrease in the number of flowers.

5. Effect of application of 2, 3, 5-triiodobenzoic acid (TIBA) on the vegetative and reproductive responses.

Seedlings were sprayed with solution of TIBA at 0.1, 1 and 10 ppm.

High concentration of TIBA solution restricted the plant growth, being followed by the acceleration of the flower bud differentiation, the decrease in the number of leaves to the first inflorescence and the increase in the number of flowers.

6. Effect of application of coumarin on the vegetative and reproductive responses.

Seedlings were sprayed with solution of coumarin at 100, 1,000 and 5,000 ppm.

Low concentration of coumarin solution (100 and 1,000 ppm) failed to induce any effect. High concentration of coumarin solution (5,000 ppm) restricted the plant growth and retarded the flower bud differentiation, resulting in the decrease in the number of flowers.

7. Relations between the flower formation and chemical constituents in tomato seedlings.

The chemical constituents in the top of seedlings applied with the various plant growth regulating substances varied significantly correlating with the total number of flowers up to the third inflorescence. The seedlings applied with IAA, NAA, GA₃ and coumarin showed low level of carbohydrates, especially total sugars, and nitrogen compounds, especially protein, and decreased the number of flowers. However, the chemical constituents in the top of seedlings applied with TPA and TIBA did

1965年12月21日受理

not vary significantly correlating with the number of flowers, and the seedlings showed low level of total sugars and protein, and formed many flowers.

8. Role of plant growth regulating substances on the flower formation.

Applications of IAA, NAA and coumarin restricted the plant growth and retarded the flower formation, and application of GA₃ promoted the stem elongation, but decreased the top weight, and retarded the flower formation. Applications of TPA and TIBA inhibited the activity of the growing point and accelerated the flower formation (Figs. 7 and 16).

I. ま え が き

トマトの生育ならびに花芽形成にはたらきかける育苗期の環境条件の影響について試験した結果、外観的には生体重/草丈が大きく、充実した強剛な发育を示し、体内的には糖の蓄積が多く、蛋白態窒素も多い場合に、花芽形成に直接関与する物質の生成・蓄積も早く増大して、花芽の分化が早く起こり、分化数が多く、分化後の发育も充分に行なわれることを明らかにした⁽¹²⁻¹⁵⁾。また、前報において、花芽形成に対する葉の役割について試験した結果、未熟葉は Auxin や Gibberellin を生成して花芽形成に対して抑制作用をもたらし、子葉および成熟葉は花芽形成に直接関与する物質を生成して花芽形成を促進する作用をもつことを明らかにした⁽¹⁶⁾。

本報においては、生育ならびに花芽形成に密接に関与する種々の植物生長調整物質の影響と、体内における生長物質の生理的役割について検討した。トマトの生育ならびに花芽形成に対する植物生長調整物質の影響は種々個々の物質について報告されているが^(2,10,20-24,28)、それらを総合して本質的意義を説明したもののが少ない。

II. 材料および方法

材 料 品種は福寿2号を用いた。

4月15日に苗箱に播種し、発芽直後に15cm 鉢に植えて実験に供した。供試個体数は各実験とも着花数ならびに開花調査用として1処理区当り15個体、生育途中での花芽の調査および分析用材料は別に用意した。

方 法 植物生長調整物質としてβ-indoleacetic acid (IAA) 1, 10, 100 ppm, α-naphthaleneacetic acid (NAA) 0.1, 1, 10 ppm, N-meta-tolylphthalamic acid (TPA) 50, 200, 1,000 ppm, Gibberellin A₃(GA₃) 5, 20, 50, 100 ppm, 2, 3, 5-triiodobenzoic acid (TIBA) 0.1, 1, 10 ppm および Coumarin 100, 1,000, 5,000 ppm を用いた。これらの子葉展開直後に第1回目を施

It seems that the applications of IAA, NAA, GA₃ and coumarin, on one hand, inhibited the formation and/or brought about the destruction of the flower forming substances in the leaves, and/or inhibited the translocation of the flower forming substances out of the leaves and/or the activity in the meristematic tissues, and induced the less flower formation, and that the applications of TPA and TIBA, on the other hand, decreased the amount of the auxin in the young tissues and increased the accumulation and/or accelerated the activity of flower forming substances in the meristematic tissues, and induced many flower formation.

与し、以後5日間隔で繰返し、計8回施与した。しかし、TPA 200 ppm は6回、1,000 ppm は4回、TIBA 10 ppm および Coumarin 5,000 ppm は3回でそれぞれ施与を打切つた。

調査および体内成分分析は前報⁽¹²⁻¹⁵⁾と同様に行なつた。

III. 成 績

1. IAA 施与の影響

(1) 生育状態

苗の生育状態をみると、1, 10ppm 区では IAA 施与の影響はほとんど認められず、草丈、茎径、茎葉重などすべて標準区と差がなく、100ppm 区では生育が抑えられ、草丈、茎葉重など劣る(第1表)。

Table 1. Effect of indoleacetic acid application on the growth of seedling.

Concentration (ppm)	Plant height (cm)	Number of expanded leaves	Stem diameter (mm)	Top weight (g)
0	41.2	12.7	7.9	68.5
1	41.8	12.9	8.2	68.8
10	40.0	12.5	8.5	69.3
100	34.8	11.9	7.0	50.8

(2) 花の着生状態

第1花房の花芽の分化期と着生節位を示すと第1図の通りで、IAA 施与によつて花芽の分化が遅れるとともに着花節位が僅かながら上昇し、その傾向は濃度に準じている。

花芽の发育状態をみると、分化期の早いもの程发育が早く、第1花房の開花期において100ppm 区では標準区より約10日遅れている。花芽が分化してから開花するまでの期間をみても IAA 施与区は長い。

着花数を各花房別に示すと第2図の通りで、1, 10ppm 区では標準区とほとんど差は認められないが、100ppm

Fig. 1. Effect of indoleacetic acid application on the number of leaves to the first inflorescence and the time of flower initiation.

Fig. 2. Effect of indoleacetic acid application on the number of flowers in the first four inflorescences.

Table 2. Effect of indoleacetic acid application on the chemical constituents (Per cent on fresh weight basis)

Concentration (ppm)	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates	C/N
0	6.83	0.071	0.256	0.327	0.765	0.133	0.898	0.521	1.328	2.226	6.81
1	6.61	0.079	0.251	0.330	0.733	0.141	0.874	0.490	1.292	2.166	6.56
10	6.43	0.088	0.245	0.333	0.692	0.155	0.847	0.502	1.218	2.065	6.20
100	5.59	0.091	0.202	0.293	0.470	0.118	0.588	0.338	1.029	1.617	5.52

区では僅かながら減少している。

(3) 体内成分

子葉展開後 40 日における体内成分を示すと第 2 表の通りである。

窒素化合物をみると、IAA 施与によって可溶性窒素は増加し、不溶性窒素は減少している。炭水化物をみると、全糖、多糖類ともに IAA 施与によって減少し、その減少度は濃度に準じている。

2. NAA 施与の影響

(1) 生育状態

苗の生育状態を示すと第 3 表の通りで、0.1, 1 ppm

Table 3. Effect of naphthaleneacetic acid application on the growth of seedling.

Concentration (ppm)	Plant height (cm)	Number of expanded leaves	Stem diameter (mm)	Top weight (g)
0	41.2	12.7	7.9	68.5
0.1	41.0	12.6	8.0	69.3
1	40.5	12.3	7.9	70.2
10	25.6	9.4	7.8	28.0

の低濃度区では標準区とほとんど同様の生育状態を示し、10 ppm 区では生育が著しく抑えられ、特に茎葉重が劣る。

(2) 花の着生状態

第 1 花房の花芽分化期と着花節位を示すと第 3 図の通りで、0.1, 1 ppm 区では標準区とほとんど差は認められないが、10 ppm 区ではこれらより分化期は 4～5 日遅れ、着花節位は 1～2 節上昇している。

花芽の發育をみると、0.1, 1 ppm 区では標準区とほとんど差はないが、10 ppm 区では著しく發育が抑えられ、第 1 花房で分化後開花までの期間に約 10 日も多く要している。

着花数を花房別に示すと第 4 図の通りで、0.1, 1 ppm 区ではいずれの花房においても標準区とほとんど差は認められず、10 ppm 区ではこれら 3 区に比べ僅かながら減少している。

Fig. 3. Effect of naphthaleneacetic acid application on the number of leaves to the first inflorescence and the time of flower initiation.

Fig. 4. Effect of naphthaleneacetic acid application on the number of flowers in the first four inflorescences.

Table 4. Effect of naphthaleneacetic acid application on the chemical constituents (Per cent on fresh weight basis).

Concentration (ppm)	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates	C/N
0	6.83	0.071	0.256	0.327	0.765	0.133	0.898	0.521	1.328	2.226	6.81
0.1	6.90	0.082	0.243	0.325	0.725	0.159	0.884	0.544	1.349	2.233	6.87
1	6.73	0.094	0.240	0.334	0.762	0.159	0.921	0.536	1.296	2.217	6.64
10	5.09	0.106	0.192	0.298	0.442	0.121	0.563	0.286	0.836	1.399	4.69

(3) 体内成分

子葉展開後 40 日における体内成分を示すと第 4 表の通りで、窒素化合物をみると、NAA 施与によって可溶性窒素は増加し、不溶性窒素は減少しており、炭水化物をみると、全糖、多糖類ともに 0.1, 1ppm 区では標準区とほとんど変わらないが、10 ppm 区ではともに減少している。

3. TPA 施与の影響

(1) 生育状態

苗の生育状態を示すと第 5 表の通りで、TPA を施与することによって 50 ppm 区では生育が促進され、葉幅

Table 5. Effect of N-meta-tolylphthalamic acid application on the growth of seedling.

Concentration (ppm)	Plant height (cm)	Number of expanded leaves	Stem diameter (mm)	Top weight (g)
0	36.8	11.2	7.0	53.0
50	38.8	10.6	7.6	60.0
200	32.4	7.2	6.6	43.6
1,000	26.4	6.0	7.2	38.7

が広くなつて葉面積が増加し、草丈、茎葉重も標準区に比べて僅かながら優り、200, 1,000 ppm の高濃度区ではほとんどの個体が第 1 花房を形成して芯止りとなつて生育が抑えられ、草丈、茎葉重ともに劣る。

(2) 花の着生状態

第 1 花房の花芽分化期と着花節位を示すと第 5 図の通りで、TPA 施与によって花芽の分化が促進されるとともに着花節位が低下し、その傾向は濃度に準じている。

花芽の發育をみると、50 ppm 区では花芽の分化が促進されるとともに發育も促進され、第 1 花房の開花期は標準区に比べ 5 日早くなつてゐる。これに対し、200, 1,000 ppm 区では初期の施与によって分化は促進されるが、その後の施与によって發育は抑えられ、標準区の第 1 花房では分化後 33 日で開花期に達しているのに対し、200 ppm 区では 38 日、1,000 ppm 区では 43 日も要している。

Fig. 5. Effect of N-meta-tolylphthalamic acid application on the number of leaves to the first inflorescence and the time of flower initiation.

また、TPA 施与区ではいずれの濃度でも第1花房の第1番花はほとんど鬼花となり(第7図)、その程度は高濃度区程著しい。

着花数を花房別に示すと第6～8図の通りで、TPA 施与によって着花数は増加し、200, 1,000 ppm の高濃

Fig. 6. Effect of N-meta-tolylphthalamic acid application on the number of flowers in the first four inflorescences.

Fig. 7. Terminating first inflorescence resulting from treatment with 200 ppm N-meta-tolylphthalamic acid.

体内成分を示すと第6表の通りである。

度区において芯止りとなった個体では第1花房しか分化しないがその着花数は著しく増加している。200ppm区において一部芯止りとならなかった個体でもいずれの花房でも着花数が増加している。

(3) 体内成分
子葉展開後40日における

A : Control, B : 50ppm, C : 200ppm, D : 1,000ppm
Fig. 8. Effect of N-meta-tolylphthalamic acid application on the fruiting in the first inflorescence.

窒素化合物をみると、TPA 施与によつて可溶性窒素は増加し、不溶性窒素は僅かながら減少し、全窒素はほとんど変らない。炭水化物をみると、全糖、多糖類ともにTPAを施与することによつて僅かながら減少している。

4. GA₃ 施与の影響

(1) 生育状態

苗の生育状態を示すと第9, 10図の通りで、GA₃ 施与によつて茎の伸長が促進され、濃度の高い区草丈が大きく、生育初期においては茎も太く、茎葉重も優っているが、その後GA₃ 施与区では茎の太さは細く、茎葉重は小さくなり、その傾向は濃度に準じている。すなわち、GA₃ 施与濃度の高い区草丈は高いが茎葉重は軽く、生

Table 6. Effect of N-meta-tolylphthalamic acid application on the chemical constituents (Per cent on fresh weight basis).

Concentration (ppm)	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen	Reduc- ing sugars	Non- reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly- saccha- rides	Total carbo- hydrates	C/N
0	6.83	0.071	0.256	0.327	0.765	0.133	0.898	0.521	1.328	2.226	6.81
50	6.76	0.074	0.265	0.339	0.684	0.169	0.853	0.487	1.223	2.076	6.12
200	6.64	0.088	0.254	0.342	0.617	0.141	0.758	0.451	1.201	1.959	5.73
1,000	6.67	0.104	0.225	0.329	0.568	0.155	0.723	0.442	1.122	1.845	5.61

Fig. 9. Effect of gibberellin application on the growth of seedling.

体重/草丈の値は著しく小さく、明らかに徒長的な生育を示している。

(2) 花の着生状態

第1花房の花芽分化期と着花節位を示すと第11図の通りで、GA₃施与によって花芽の分化は遅れ、着花節位は上昇し、その傾向は濃度に準じている。

花芽の発育はGA₃施与によってほとんど影響されず、たとえば第1花房第1番花の発育をみると、いずれの区でも分化後28~29日で開花期に達している。しかし、GA₃施与によって分化が遅れているので開花期は濃度の高い区順次遅れている。

Fig. 10. Effect of gibberellin application on the growth of seedling.

着花数を花房別に示すと第12、13図の通りで、第3花房まではいずれもGA₃施与によって着花数が減少し、その傾向は濃度に準じている。第4以上の上位花房ではGA₃施与区でも着花数が多くなり、濃度による一定の傾向は認められない。

(3) 体内成分

子葉展開後40日における体内成分を示すと第7表の通りである。可溶性窒素はGA₃施与によって増加し、濃度の高い程多く、不溶性窒素は可溶性窒素と全く逆の傾向を示し、高濃度区程少ない。炭水化物は全糖・多糖類ともにGA₃施与濃度の高い区程減少している。

5. TIBA施与の影響

(1) 生育状態

苗の生育状態を示すと第8表の通りで、TIBA施与によって生育は抑えられ、その傾向は濃度に準じている。特に10ppm区では最初の施与ですべて芯止りとなつて

Fig. 11. Effect of gibberellin application on the number of leaves to the first inflorescence and the time of flower initiation.

A : Control, B : 5ppm, C : 20ppm, D : 50ppm, E : 100ppm

Fig. 13. Effect of gibberellin application on the fruiting in the first inflorescence.

4節しか分化せず、生育は著しく抑えられた。1ppm区でも約半数の個体が芯止りとなつた。

Table 7. Effect of gibberellin application on the chemical constituents (Per cent on fresh weight basis).

Concentration (ppm)	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates	C/N
0	6.83	0.071	0.256	0.327	0.765	0.133	0.898	0.521	1.328	2.226	6.81
5	6.56	0.086	0.147	0.233	0.524	0.136	0.660	0.404	1.154	1.814	7.79
20	6.43	0.098	0.146	0.244	0.463	0.145	0.608	0.211	1.016	1.624	6.66
50	6.54	0.096	0.140	0.236	0.307	0.151	0.458	0.193	1.011	1.469	6.22
100	6.45	0.103	0.135	0.238	0.323	0.112	0.435	0.164	0.934	1.369	5.75

Fig. 12. Effect of gibberellin application on the number of flowers in the first four inflorescences.

Table 8. Effect of 2, 3, 5-triiodobenzoic acid application on the growth of seedling.

Concentration (ppm)	Plant height (cm)	Number of expanded leaves	Stem diameter (mm)	Top weight (g)
0	41.2	12.7	7.9	68.4
0.1	38.5	12.0	7.6	66.9
1	37.1	11.2	7.3	60.0
10	18.0	4.0	5.8	12.3

(2) 花の着生状態

第1花房の花芽分化期と着花節位を示すと第14図の通りで、TIBA 施与によつて花芽の分化が促進されるとともに着花節位が低下し、その傾向は濃度に準じ、10ppm区では4節で着花している。

花芽の発育は TIBA 施与によつて抑えられ、標準区、0.1ppm区では第1花房は分化後28日で開花期に達しているのに対し、1ppm区では30~31日、10ppm区で

Fig. 14. Effect of 2,3,5-triiodobenzoic acid application on the number of leaves to the first inflorescence and the time of flower initiation.

は 47 日も要している。

着花数を花房別に示すと第 15, 16 図の通りで, 0.1 ppm 区では標準区とほとんど変わらないが, 1 ppm 区ではいずれの花房でも着花数が増加し, 1 ppm 区の一部および 10 ppm 区のすべての個体は芯止りとなつて第 1 花房しか形成しないが, その着花数は著しく増加している。

Fig. 15. Effect of 2,3,5-triiodobenzoic acid application on the number of flowers in the first four inflorescences.

Fig. 16. Dwarf tomato terminated at the fourth leaf resulting from treatment with 10 ppm 2,3,5-triiodobenzoic acid.

ppm 区では標準区とほとんど変わらないが, 1, 10 ppm 区ではともに減少している。

6. Coumarin 施与の影響

(1) 生育状態

苗の生育状態を示すと第 10 表の通りで, 100 ppm 区では標準区とほとんど同様の生育状態を示し, 1,000 ppm 区では極く僅かに生育が抑えられ, 5,000 ppm 区では著しく抑えられ, 若い葉や生長点部に薬害が認められた。

(2) 花の着生状態

第 1 花房の花芽分化期と着花節位を示すと第 17 図の通りで, 100, 1,000 ppm 区では標準区とほとんど変わらないが, 5,000 ppm 区では分化期が遅れるとともに着花節位が若干上昇している。

花芽の発育状態をみると, 100, 1,000 ppm 区ではいずれの花房でも標準区とほとんど変わらないが, 5,000 ppm 区では著しく発育が抑えられ, 標準区では第 1 花房は分化後 33 日で開花期に達しているのに対し, 約 55 日も要している。また, 5,000 ppm 区では同一発育期における花の大きさも標準区に比べて著しく小さくなつており, 第 1 花房の花芽の多くは開花に至らず落蕾した。

着花数を花房別に示すと第 18 図の通りで, 100, 1,000 ppm 区ではいずれの花房においても標準区とほとんど差はないが, 5,000 ppm 区ではいずれの花房でも花数が減少している。

(3) 体内成分

子葉展開後 40 日における体内成分を示すと第 11 表

Table 9. Effect of 2,3,5-triiodobenzoic acid application on the chemical constituents (Per cent on fresh weight basis).

Concentration (ppm)	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates	C/N
0	6.83	0.071	0.256	0.327	0.765	0.133	0.898	0.521	1.328	2.226	6.81
0.1	6.87	0.084	0.254	0.338	0.752	0.150	0.902	0.509	1.303	2.205	6.52
1	5.91	0.094	0.232	0.326	0.548	0.125	0.673	0.464	1.045	1.718	5.27
10	4.32	0.117	0.172	0.289	0.366	0.112	0.317	0.177	0.613	0.930	3.22

Table 10. Effect of coumarin application on the growth of seedling.

Concentration (ppm)	Plant height (cm)	Number of expanded leaves	Stem diameter (mm)	Top weight (g)
0	41.2	12.7	7.9	68.4
100	40.0	12.9	7.9	70.0
1,000	38.6	12.1	7.8	66.0
5,000	18.0	9.9	4.2	8.5

Fig. 17. Effect of coumarin application on the number of leaves to the first inflorescence and the time of flower initiation.

の通りである。

Table 11. Effect of coumarin application on the chemical constituents (Per cent on fresh weight basis).

Concentration (ppm)	Dry matter	Soluble nitrogen	Insoluble nitrogen	Total nitrogen	Reducing sugars	Non-reducing sugars	Total sugars	Starch	Poly-saccharides	Total carbohydrates	C/N
0	6.83	0.071	0.256	0.327	0.765	0.133	0.898	0.521	1.328	2.226	6.81
100	6.96	0.073	0.251	0.324	0.737	0.169	0.906	0.532	1.301	2.207	6.81
1,000	6.03	0.080	0.232	0.312	0.664	0.152	0.816	0.416	1.157	1.973	6.32
5,000	4.01	0.091	0.156	0.247	0.141	0.098	0.239	0.143	0.472	0.711	2.88

Fig. 18. Effect of coumarin application on the number of flowers in the first four inflorescences.

室素化合物をみると、Coumarin 施与によつて可溶性室素はほとんど変わらないが、不溶性室素は高濃度区において減少している。炭水化物をみると、全糖・多糖類ともに高濃度区において減少している。

IV. 考 察

IAA, NAA, Coumarin は植物体の生育ならびに花芽形成に対してほとんど同様の作用を示し、いずれも濃度の低い場合にはほとんど影響を及ぼさず、濃度が高くなると生育が抑えられ、花芽の分化は遅れ、着花節位

が上昇する傾向を示し、着花数が減少して、花芽の発育も抑えられている。トマトの生育ならびに花芽形成に対する IAA, NAA の影響についてはこれまであまり実験が行われていないが、TEUBNER ら⁽²³⁾は IAA を2葉期に1回散布し、175 ppm では効果がないが、355 ppm では花数が増加したことを認めている。この報告は本実験の結果とは全く相反することになるが、施与濃度、施与回数および施与時期等が異なるので、その原因は明らかでない。しかし、本実験では 100 ppm で生育が抑えられ、着花節位が僅かながら上昇しているのも、IAA はトマトの花芽形成を遅らすように作用しており、TEUBNER ら⁽²³⁾の報告には生育状態についての記載はなく、また2葉期に施与しているのも着花節位にはほとんど影響しなかつたようであり、詳細な比較は出来ない。IAA, NAA 等の Auxin 類は一般に短日植物の花芽形成を抑制し、長日植物の花芽形成を促進することが認められている^(8,9,18,19,26)、トマトのような日長条件に比較的影響されない中性植物に対しての Auxin の作用は明らかでない。一方、Anti-auxin の作用をもつ Coumarin はオオムギで濃度 $10^{-5}M$ では花芽形成を促進し、 $10^{-4}M$ では花芽形成を抑制することが認められている⁽⁶⁾、本実験ではいずれの濃度でも促進効果はほとんど認められなかつた。本実験において IAA, NAA, Coumarin を施与した場合に共通にみられることは、生育が抑えられて花芽形成が遅れていることであり、これらの物質施与によつてまず生育が抑えられ、その生育に比例して花芽の形成も抑えられたものと考えられる。これは前報までに報告した高夜温、光度の減少あるいは窒素・磷酸施用量の減少等の場合と同様に解釈されるものと考えられる。

GA₃ の影響をみると、草丈の伸長は著しく促進されるが、茎葉重は軽くなり、濃度の高い程茎葉重/草丈の値が小さく、徒長的な生育を示し、花芽の分化は遅れ、着花数が減少している。Gibberellin 施与がトマトの花芽形成に対して悪影響を及ぼすことについては WITTWER ら^(24,25)が認めている。また、Gibberellin は一般的に、長日植物に対しては花芽を形成させ、短日植物には阻害的であり、花芽形成に対しては Auxin と作用が似ていることが認められている。トマトに対しての Gibberellin 施与は徒長的な生長を起こして苗の充実を妨げ、花芽形成に悪影響をおよぼすものと考えられる。Gibberellin による徒長現象は光度の減少や狭い株間の下で育苗した場合とほとんど同様の状態と考えられる。

TIBA と TPA はほとんど同様の影響をおよぼし、これらの高濃度施与区においては先づ分化・生長しつつあ

る栄養芽の生長点部が発育を抑制・停止し、顕微鏡で見ると棍棒状をなして生育停止しており、頂芽優勢が失われて腋芽の伸長が促進される。やがてその発育を抑制された生長点部が花芽となり、花芽の形成が促進されると共に着花節位が著しく低下し、TIBA 10 ppm 区では4節で、TPA 1,000 ppm 区では5~6節でそれぞれ花房を形成しており、また着花数が著しく増加している。トマトの花芽形成に対して TIBA が有効であることは ZIMMERMAN & HITCHCOCK⁽²⁸⁾ 始め多くの人達によつて報告されており⁽¹⁰⁾、著者らと同様な結果を認めている。TIBA はダイズ等その他の短日植物の花芽形成を促進することが一般に認められている^(5,8,9,10,18,19)。TPA についても TEUBNER & WITTWER^(22,23)、CORDNER & HEDGER⁽²⁾、柴崎ら^(20,21)がトマトで本実験と同様な結果を認めている。TIBA と TPA が共にトマトの花芽形成を促進し、着花節位を低下させ、着花数を増加させる原因を考えると、これらの施与によつて生長点部の活性が低下して生育が抑えられ、生長点部が未だ葉をあまり分化しない中に発育を停止し、それが花芽となるため着花節位が低下する結果となり、正常ならばその花房芽の腋芽が生長点となつて伸長し、また一定数の葉を分化して次の花房芽を分化し、その腋芽が主軸の形をとつて、さらに伸びていくのであるが、この花房の腋芽が生長を停止し、頂芽優勢が失われ、頂端に茎葉がこないで花房が位置するという結果になり、正常の側芽の伸長が著しく助長されるが、これらの側芽をすべて摘除した結果、頂端に着生した花房のみが発育し、その花芽となつた生長点を中心にしてその囲りに次々と花芽が分化を続ける結果となり、花芽が著しく増加することになるものと考えられる。TIBA 1 ppm 区の約半数および TPA 50 ppm 区の芯止りとならなかつたものでも、芯止りとなつた個体の極く軽い症状を呈するようであり、生理的には一時生長点部の生育が抑えられて、花芽が分化を続け、その後その花房の腋芽が生長を始めたものと考えられる。また、TIBA や TPA を施与した場合、第1花房の第1番花はほとんど鬼花となつており、これは前報⁽¹³⁾の昼夜温共に 17°C 下で育苗した場合と同様であり、花芽形成において両者は同様な生理状態になつたものと解釈される。鬼花の発現は花芽分化後においても生長点の活性が低下して伸長生長が抑えられると共にその分化しつつある花芽に過剰の栄養が供給されるような場合に起こるものと考えられる。一般に鬼花の発現するような場合には花数の分化も助長されている。

植物体の発育と花芽形成との関係については前報^(12~15)までにおいても考察し、植物体の発育状態を表示する

指標としては茎の太さが適していることを認めているので、本実験における花芽分化時の茎の太さを示すと第12表の通りである。

全処理区を通覧すると本実験では茎の直径 1.5~3.6 mm の範囲で第1花房が分化しており、花芽分化時の茎の直径にはある程度の幅があることが認められる。花芽分化の早い TIBA や TPA 区では比較的細く、花芽分化の遅れた IAA, NAA および GA₃ 区では比較的太い傾向が認められる。

花芽分化期と着花節位との関係を見ると、分化期の早い TIBA や TPA 区では着花節位が低下しており、このような条件下では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。これに対し、分化期の僅かに遅れた IAA, NAA 区では着花節位が僅かに上昇し、GA₃ 区ではさらに上昇しており、このような場合には体内において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。

花芽の分化数をみると、花芽の分化が遅れた IAA 100 ppm, NAA 10 ppm, Coumarin 5,000 ppm および GA₃ 施与区で減少し、花芽形成が促進された TIBA や TPA 施与区で花芽の分化数が多くなっている。前報⁽¹²⁻¹⁵⁾までにおいて、外観的には生体重/草丈の値が大きく、充実した強剛な発育を示し、体的には蛋白態窒素と全糖とが共に多いような場合に、花芽の分化数が多いことを認めたが、本実験においても第19図に示される如くある程度この関係が認められる。しかし、TIBA 10 ppm や TPA 200, 1,000 ppm 区のように芯止りとなつたものでは第1花房のみしか分化していないので正常に発育した場合とは必ずしも一致していないようであり、花芽分化数の多少をこのような条件のみで説明するには充分でないように認められる。

植物体は一般に、Ageing とともに生殖生長に移行しやすくなる傾向が認められており、トマトのような生殖生長に移行する過程で発生初期からほとんど特定の日長条件や温度条件を要求しないものでは、植物体の発育に伴つて子葉や成熟葉において花芽形成に必須の物質である花成物質が徐々に生成され、それが花芽形成の起こる分裂組織に徐々に蓄積され、その物質が一定の限界濃度

Table 12. Relations between the growth of seedling and the time of flower initiation in the first inflorescence.

No. of experiment	Plant growth regulating substances	Concentration (ppm)	Number of days from the sowing date to the first flower initiation	Number of leaves to the first inflorescence	Stem diameter at the time of first flower initiation (mm)
I	IAA	0	21.0	9.1	1.86
		1	21.5	9.3	1.88
		10	22.5	9.5	2.16
		100	25.0	10.0	2.78
II	NAA	0	21.0	9.1	1.86
		0.1	21.5	9.3	1.90
		1	22.5	9.3	2.02
		10	25.0	10.0	2.83
III	TPA	0	20.0	8.6	1.75
		50	17.5	6.9	1.64
		200	17.5	6.4	1.60
		1,000	17.5	5.8	1.51
IV	GA ₃	0	21.0	9.1	1.86
		5	24.5	10.2	3.07
		20	27.0	11.8	3.48
		50	28.0	11.9	3.54
		100	28.5	12.3	3.60
V	TIBA	0	21.0	9.1	1.86
		0.1	21.0	9.2	1.86
		1	20.0	8.7	1.74
		10	16.0	4.0	1.48
VI	Coumarin	0	20.0	8.6	1.75
		100	20.0	8.5	1.73
		1,000	20.0	8.7	1.80
		5,000	25.0	9.1	2.58

Fig. 19. The correlation between the chemical constituents (insoluble nitrogen and total sugar contents) and the number of flower buds in first three inflorescences.

に達した時花芽形成が起こるものと解釈される⁽¹⁶⁾。

また一方、芽の花成は生長点が Ageing し、その生長点部の活性が低下した結果起こる二次的反応で、実際には生長点部の活性を低下させることが生殖生長を誘起することになるとも考えられており、一般に短日植物においては花芽形成の前に Auxin の低下することが認められている^(8,9,18,19,26)。実際に未熟葉を摘除するとか生長点を何回も摘芯すると、花芽形成を促進することがトマトで観察されており^(7,27)、著者ら⁽¹⁶⁾も前報において、未熟葉を摘除することによつて花芽形成が助長されることを認めている。ダイコンでも生長点にギブスをはめたり、糖の高張液を滴下して物理的に栄養生長を抑え、花芽形成を起こさせている⁽¹¹⁾。すなわち、生長点部の不活性化を誘起することによつて花芽形成が促進されるものと考えられる。

以上の諸事実から考えて、IAA, NAA, Coumarin 施与区のように生育を抑えられた場合や GA₃ 施与区の如く徒長して充実を妨げられた場合には Ageing が遅れ、花芽形成に直接関与する花成物質の葉における生成、葉から分裂組織への移行あるいは分裂組織における機能が抑えられて花芽形成が遅れ、着花節位が上昇したものと考えられる^(1,3,4,8,9,16-19,26)。これに対し、TIBA, TPA 施与区では生長点部の活性が抑えられて分裂組織における花成物質の集積が急激に増加し、花芽の形成が促進され、着花節位が低下したものと考えられる^(3,4,8,9,16,18,19,26)。

V. 摘 要

トマトの生育ならびに花芽形成に対する植物生長調整物質の影響について試験した。

1. IAA の影響 濃度 1, 10 および 100 ppm の水溶液を、子葉展開直後から 5 日間隔で 8 回全面撒布した。

1, 10 ppm 区では標準区とほとんど変わらないが、100 ppm 区では生育が抑えられ、花芽の分化が遅れ、着花節位が僅かながら上昇し、着花数が減少した。

2. NAA の影響 濃度 0.1, 1 および 10 ppm の水溶液を、子葉展開直後から 5 日間隔で 8 回全面撒布した。0.1, 1 ppm 区では生育、花芽形成共に標準区とほとんど差は認められないが、10 ppm 区では生育が抑えられ、花芽形成が遅れ、着花数が減少した。

3. TPA の影響 50 ppm 区では僅かながら生育が促進され、200, 1,000 ppm 区では生育が抑えられ、ほとんどの個体が芯止りとなつた。いずれの濃度区でも花芽形成が促進され、着花節位が低下し、着花数が増加した。

4. GA₃ の影響 濃度 5, 20, 50 および 100 ppm の

水溶液を、子葉展開直後から 5 日間隔で 8 回全面撒布した。GA₃ 施与によつて茎の伸長は促進されるが、茎葉重は軽くなり、徒長的な生育を示し、花芽形成は遅れ、着花節位が上昇し、着花数が減少しており、その傾向は濃度に準じている。

5. TIBA の影響 濃度 0.1, 1 および 10 ppm の水溶液を、子葉展開直後から 5 日間隔で 8 回 (10 ppm 区は 3 回で中止) 全面撒布した。0.1 ppm 区では生育・花芽形成共に標準区とほとんど変わらないが、1, 10 ppm 区では生育が抑えられ、花芽形成が促進され、着花節位が低下し、着花数が増加した。特に 10 ppm 区では最初の施与ですべて芯止りとなり、第 4 節で第 1 花房を分化している。

6. Coumarin の影響 濃度 100, 1,000 および 5,000 ppm の水溶液を、子葉展開直後から 5 日間隔で 8 回全面撒布した。100 および 1,000 ppm 区は生育・花芽形成共に標準区とほとんど変わらないが、5,000 ppm 区では生育が抑えられ、花芽形成が遅れ、着花数が減少した。

7. 花芽形成と体内成分との連関 種々の植物生長調整物質を施与した場合の花芽の形成と体内成分 (窒素化合物・炭水化物) との関係を見ると、生育が抑えられ、花芽形成が遅れ、分化数が減少した IAA, NAA および Coumarin を施与した場合や、伸長生長のみが旺盛となつて茎葉重が減少して徒長的な生育を示し、花芽形成が遅れ、分化数が少なくなつた GA₃ を施与した場合には、炭水化物特に全糖が少なく、窒素化合物特に蛋白態窒素が少なくなっている。しかし、TIBA や TPA を施与して生長点部の活性が抑えられ、芯止りとなつて第 1 花房のみしか分化しない場合は、正常に發育した場合に認められた花芽形成と体内成分との関係は必ずしも認められず、花芽分化数の多少をこのような条件のみで説明するには充分でないように認められる。

8. 花芽形成に対する植物生長調整物質の作用 IAA, NAA, Coumarin 施与区のように生育が抑えられた場合や GA₃ 施与区の如く徒長して充実を妨げられた場合には苗令の進行が遅れ、花芽形成に直接関与する花成物質の葉における生成、葉から分裂組織への移行あるいは分裂組織における機能が抑えられて花芽形成が遅れたものと考えられる。これに対し、TPA, TIBA を施与した場合には生長点部の活性が抑えられ、分裂組織における花成物質の集積が急激に増加して花芽の形成が促進されたものと考えられる。

文 献

1. AUDUS, L. J. 1963. Plant growth substances. Leonard Hill Ltd., London.
2. CORDNER, H. B. and G. HEDGER. 1959. Proc.

- Amer. Soc. Hort. Sci. 73 : 323~330.
3. FISHER, J. E. and W. E. LOOMIS. 1954. Science 119 : 71~73.
4. ———. 1955. Bot. Gaz. 117 : 156~165.
5. GALSTON, A. W. 1947. Amer. Jour. Bot. 34 : 356~360.
6. LEOPOLD, A. C. and K. V. THIMANN. 1949. Amer. Jour. Bot. 36 : 342~347.
7. ———, and S. L. LAM. 1960. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76 : 543~547.
8. LIVERMAN, J. L. 1955. Ann. Rev. Plant Physiol. 6 : 177~210.
9. LOOMIS, W. E. 1953. Growth and differentiation in plants. Iowa State College Press, Ames, Iowa.
10. 野口弥吉. 1960. 開花の生理生態的研究. 養賢堂.
11. OJIMA, H. and S. MAEDA. 1958. Bot. Mag. Tokyo 71 : 246~253.
12. 斎藤 隆・伊東秀夫. 1962. 園学雑. 31 : 303~314.
13. ———・畑山富男・伊東秀夫. 1963. 園学雑. 32 : 49~60.
14. ———・—————. 園学雑. 32:131~142.
15. ———・今野義孝・—————. 園学雑. 32:186~196.
16. ———・伊東秀夫. 1965. 園学雑. 34 : 321~333.
17. SALISBURY, F. B. and J. BONNER. 1956. Plant Physiol. 31 : 141~147.
18. ———. 1961. Ann. Rev. Plant Physiol. 12 : 293~326.
19. ———. 1963. The flowering process. Pergamon Press, Ltd., Oxford.
20. 柴崎 臣・稲垣 悟. 1960. 農及園. 35 : 1965~1966.
21. ———・—————. 1962. 農及園. 37 : 1669~1697.
22. TEUBNER, F. G. and S. H. WITTWER. 1955. Science 122 : 74~75.
23. ——— and ———. 1957. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 69 : 343~351.
24. WITTWER, S. H. and N. E. TOLBERT. 1960. Amer. Jour. Bot. 47 : 560~565.
25. ——— and M. J. BUKOVAC. 1958. Econ. Botany 12 : 213~255.
26. ZEEVAAT, JAN A. D. 1962. Science 137 : 723~731.
27. ZEEUW, D. DE. 1956. Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Amsterdam Ser. C. 59 : 535~540.
28. ZIMMERMAN, P. W. and A. E. HITCHCOCK. 1949. Contrib. Boyce Thompson Inst. 15 : 353~361.

（トマト以外の植物の花芽形成に対する auxin・anti-auxin の影響についての文献は省略して総説で代表させた。）