植物成長抑制物質および断根処理が夏季高温下における水耕トマトの生育 および収量に及ぼす影響

浅尾俊樹・伊藤憲弘・細木高志・太田勝巳・遠藤啓太

島根大学生物資源科学部 690-11 松江市上本庄町

Effects of Plant Growth Retardants and Root Pruning on Growth and Yield of Tomato Cultured
Hydroponically at High Temperature during Summer

Toshiki Asao, Norihiro Ito, Takashi Hosoki, Katsumi Ohta and Keita Endo

Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Kamihonjo, Matsue, Shimane 690-11

Summary

The effects of the plant growth retardants, uniconazol at 1.25 and 2.5 ppm and paclobutrazol at 12.5 and 100 ppm and root pruning on the growth and yield of tomato plants cultured hydroponically at high temperature during summer were studied.

1. Growth of tomato seedlings was suppressed by the plant growth retardants, especially with 100 ppm paclobutrazol or by root pruning.

2. All of plant growth retardants decreased the number of nodes to the first truss and advanced anthesis.

3. When plant growth retardants were applied to 2-leaf-old seedlings, stem retardation was significant to the 2nd truss.

4. Plant growth retardants advanced harvest of the 1st truss.

5. Fruit Brix and mean fruit weight were not influenced by the treatments.

6. Total yield of 1st and 2nd truss was slightly increased by root pruning.

7. Early fruit yield was increased by the plant growth retardants.

緒 言

トマトを夏季高温期に育苗した場合、苗の徒長、茎葉の過繁茂、着花節位の上昇、およびそれによる収穫期の遅延などを生じることが知られている。とくに、高夜温などの影響によって植物体の栄養状態が不良になり、その結果、花の各器官の発達が悪くなり、落蕾および落花が多くなる(斎藤・伊東, 1967)。また水耕では、根温すなわち培養液の温度が花芽分化、結実および果実収量に影響すると報告されている(藤重ら, 1991)。

これまで、トマトの成長を抑制することを目的として、植物成長抑制物質であるパクロブトラゾールおよびウニコナゾールの利用が報告された(Latimer, 1992; Wang・Gregg, 1990)。また、水耕トマトの育

苗に断根挿し木法を利用した場合、徒長を防止し、草丈が低くなったという報告がある(並木ら, 1977)。

著者ら(1993)は、苗が徒長しやすい水耕においてトマトの徒長および過繁茂防止をはかり、育苗期の栽植密度を高めることを目的として、前述した抑制物質の他に塩化クロロコリンおよび断根処理を行った結果、パクロブトラゾール処理において最も高い効果を確認している。また、Kraus・Fletcher(1994)は、パクロブトラゾールが活性酸素の害作用に対して、還元酵素含量を増加させることによりコムギ幼植物の高温障害が軽減したと報告した。これらのことより植物成長抑制物質が高温ストレスの軽減に効果があることが示唆されている。

これまで、トマトの高温ストレスを軽減する目的で植物成長抑制物質および断根処理の効果について検討された報告はほとんどみられない。したがって、本研

究では、トマトの苗が徒長しやすく、花芽分化および果実収量に影響を受けやすい夏季高温期において、植物成長抑制物質および断根処理が水耕トマトの生育および収量に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

供試品種は、'ハウス桃太郎'を用いた。播種は1994年7月20日に水耕用ウレタンブロックに行い、その後本葉出葉時の8月1日に水耕ベッド（島根大学農学部附属農場のガラス室内に設置されたハイポニカ水耕装置、長さ1.2 m、幅0.6 m）に移植した。培養液は大塚ハウス A 処方 50% 標準液を用いた。育苗期は培養液を交換せず、定植時および定植後2週間ごとに培養液を全量交換した。育苗期および定植期ともに給液間隔はタイマーにより30分当たり7分とした。なお、給液量は1分間当たり7.5 literとした。栽植本数は、1ベッド当たり育苗期では30株（3.3 m²当たり135株）、また定植期では6株（3.3 m²当たり7株）とした。

植物成長抑制物質処理は、ウニコナゾール（Uniconazol）1.25 および 2.5 ppm、パクロブトラゾール（Paclobutrazol）12.5 および 100 ppm 液を、それぞれハンドスプレーで1株当たり0.5 ml 葉面散布した。断根処理は根部のみ切除した後、新たなウレタンブロックに茎を挿し、切り口が培養液に浸かるようにした。処理は第1花房分化期直前にあたる本葉2枚展開時の8月9日に実施した。定植は処理2週間後の8月23日に、各処理10株を無作為に選定して行った。開花した花には p-chlorophenoxyacetic acid 15 ppm 液を散布し、着果および果実肥大を促進させた。

なお、10月25日に第3花房上に2葉を残して摘心を行った。その他の栽培方法については、前報（浅尾ら、1993）に従った。栽培は第2花房の果実がほぼ収穫を終えた12月12日で打ち切った。

調査は、定植時に茎長、葉数、最大葉長、最大葉幅、葉色（葉緑素計 SPAD-501、ミノルタ製）、および最長根長を、実験終了時に各花房直下葉の葉長および茎長を測定した。また、各株の開花開始日、着花節位、収穫開始日、果実の糖度（屈折計示度、Brix）および果実重を調査した。

結 果

育苗期（8月4日～22日）のガラス室内の平均気温は31.2℃であった（第1図）。

定植時の茎長は、すべての処理区で有意に抑制された（第1表）。とくにパクロブトラゾール 100 ppm 処理区で顕著であり、対照区の50%程度であった。また、ウニコナゾール 2.5 ppm 処理区は対照区の56%、

Fig. 1. Mean air temperature, maximum air temperature and minimum air temperature during raising seedling in the greenhouse.

Table 1. Effects of plant growth regulators and root pruning on growth of tomato.^z

Treatment	Stem length ^y (cm)	No. of leaf	Maximum leaf length (cm)	Maximum leaf width (cm)	Leaf color (SPAD)	Maximum root length (cm)	Fresh weight of root (g)	Dry weight of root (g)	Dates of anthesis ^x (month/day)	No. of nodes
Control	10.5a ^w	6.0ab	11.6a	7.1a	41c	18.9a	7.2b	0.2b	9/19a	10.9a
Uniconazol ^y										
1.25 ppm	6.6b	5.5b	9.3b	5.9b	51b	13.6bc	6.4b	0.1b	9/ 8c	8.8b
2.5 ppm	5.9b	5.9ab	9.1b	6.3ab	49b	14.2b	7.2b	0.2b	9/ 9bc	9.0b
Paclobutrazol ^y										
12.5 ppm	6.6b	6.4a	10.8a	7.0a	55a	13.5bc	18.7a	0.3a	9/ 7c	9.0b
100.0 ppm	5.2b	6.3a	9.4b	5.9b	56a	10.9c	7.5b	0.1b	9/11bc	8.9b
Root pruning	6.5b	4.9c	8.2b	5.7b	39c	14.7b	7.9b	0.2b	9/12b	9.4b

^z Measured at transplanting (except for dates of anthesis and number of nodes to first truss).

^y Length from cotyledon to shoot apex.

^x Beginning day of anthesis.

^w Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

^v Foliar spray.

断根処理区は62%, ウニコナゾール1.25 ppm 処理区およびパクロブトラゾール12.5 ppm 処理区では63%の値であった。葉数は、断根処理区で1枚程度少なく、他の処理区では差がみられなかった。最大葉長は、断根処理区でとくに抑制され、対照区に対して71%の値であった。なお、ウニコナゾール処理区およびパクロブトラゾール100 ppm 処理区では80%程度であった。最大葉幅も、葉長と同様な傾向を示した。葉色をあらわすSPAD値は、パクロブトラゾール100 ppm 処理区で最も高く、対照区の137%の値であった。断根処理区のSPAD値は、対照区と変わらなかった。最長根長は、パクロブトラゾール100 ppm 処理区で最も抑制され、対照区の58%であった。また、他の処理区でも抑制傾向が認められた。根の生体重および乾物重は、パクロブトラゾール12.5 ppm 処理区で増加した。10株の平均開花開始日(第1花房第1番花)は、すべての処理区で有意に早くなった。とくにウニコナゾールおよびパクロブトラゾール処理により10日前後早くなった。着花節位は、対照区の10.9節に対し、すべての処理区で8.8~9.4節となり、1~2節有意に低下した。

実験終了時の各花房直下葉の葉長については、第1花房直下でウニコナゾールおよびパクロブトラゾール処理により抑制された(第2表)。とくにパクロブトラゾール100 ppm 処理区で顕著であり、対照区の70%程度であった。なお、その他の抑制剤処理区では対照区の80~90%程度に抑制された。第2花房直下の葉長も、第1花房直下の葉長と同様な傾向がみられた。しかしながら、第3花房直下の葉長は処理による抑制はみられず、対照区と同程度となった。子葉から第1花房までの茎長および第1花房と第2花房の間の

茎長は、処理により有意に抑制された。とくにパクロブトラゾール100 ppm 処理区で最も抑制され、対照区の30~40%の値であった。第2花房と第3花房の間の茎長は処理区による有意な差はみられなかった。

収穫開始日は、第1果房においてウニコナゾールおよびパクロブトラゾール処理により2週間以上、断根処理により1週間以上早くなる傾向を示したが、第2果房においては処理による差がみられなかった(第3表)。糖度は、第1および第2果房とも処理区による差はなかった。第1, 2果房の合計収量は、断根処理区がやや多く、ウニコナゾール2.5 ppm 処理区で対照区と同等であった。10株の総果実数は、ウニコナゾール2.5 ppm 処理区で最も多く、ついで断根処理区であり、これら2処理区においては対照区より多かった。なお、パクロブトラゾール100 ppm 処理区では対照区より少なかった。1果重は、ウニコナゾール2.5 ppm 処理区で対照区の84%程度と減少したが、他の処理区では有意な差はみられなかった。また、収穫開始から1週ごとの第1, 2果房の合計収量は、対照区が第5週、抑制剤処理区が第1週、断根処理区が第6週で多かった。

収穫開始から1週ごとに第1, 2果房の合計収量を積算した結果、対照区に比べ、すべての処理区で初期収量(第1~4週)は多かった(第2図)。第1週は、ウニコナゾール1.25 ppm および2.5 ppm ならびにパクロブトラゾール12.5 ppm 処理区が多かったが、第2週からは断根処理区が多い結果となった。

考 察

定植時の茎長、最大葉長および葉幅の結果より、育苗期が夏季高温期であっても、Wang・Gregg(1990)、Latimer(1992)および浅尾ら(1993)が報告した結

Table 2. Length of leaf just below the truss and stem length at termination of experiment.

Treatment	Leaf length (cm)			Stem length to 1st truss (cm)	Interval length between truss (cm)	
	1st truss	2nd truss	3rd truss		1st and 2nd truss	2nd and 3rd truss
Control	36.3a ^z	37.2ab	38.0ab	53.2a	29.1a	19.1
Uniconazol ^y	1.25 ppm	29.5c	31.9c	36.6ab	28.2d	21.0b
	2.5 ppm	33.4b	34.4bc	37.1ab	36.2c	27.6a
Paclobutrazol ^y	12.5 ppm	27.9c	32.1c	37.8ab	20.9e	18.6b
	100.0 ppm	25.3d	27.3d	34.6b	16.5e	10.9c
Root pruning	37.2a	37.9a	40.0a	43.7b	31.5a	22.5
						NS

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

^y Foliar spray.

Table 3. Effects of plant growth regulators and root pruning on beginning dates of harvest, fruit Brix and yield.

Treatment		Beginning dates of harvest (month/day) ^z		Fruit Brix		1st and 2nd truss			
		1st truss	2nd truss	1st truss	2nd truss	Total yield of six plants (g)	Total fruit number of six plants	Mean fruit wt. (g/fruit)	Week of max. yeild
Control		11/ 2a ^y	11/24ab	6.0	5.7	5091	42	121.2ab	5
Uniconazol ^x	1.25 ppm	10/19b	11/22ab	5.5	5.1	4139	37	111.9bc	1
	2.5 ppm	10/17b	11/20b	5.8	5.1	5194	51	101.8c	1
Paclobutrazol ^x	12.5 ppm	10/20b	11/28ab	5.4	5.4	4028	39	103.3bc	1
	100.0 ppm	10/20b	12/ 6a	5.3	5.5	3351	33	101.5bc	1
Root pruning		10/24b	11/24ab	5.9	5.6	6268	46	136.3a	6
				NS	NS				

^z Mean of ten plants.^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.^x Foliar spray. **Fig. 2.** Cumulative yield of tomato through harvest period.

果と同様、ウニコナゾール、パクロブトラゾールおよび断根処理により地上部の成長が抑制された。葉数については、断根処理区で少なくなったが、これは、処理により一時生育が停滞したことによるものと考えられる。断根処理においては葉の大きさが最も小さくなったにもかかわらず、SPAD 値は対照区と変わらなかった。これは、断根により一時的に養分吸収が阻害され、葉の大きさが小さくなったとともにクロロフィル含量が少なくなったことによると考えられる。また、パクロブトラゾール処理区で SPAD 値が高くなった。この結果は、キュウリ (Wang, 1985), トウガラシ

(Aloni・Pashkar, 1987) およびイチゴ (Archbold・Houtz, 1988) では、葉のクロロフィルの絶対量が増加したと報告されているが、トマトでの報告はなく、今後の検討が望まれる。

Aloni・Pashkar (1987) は、トウガラシに 50 ppm のパクロブトラゾールを葉面散布した場合、根の生体重および乾物重が増加したと報告している。また、Wang ら (1985) は、リンゴ苗に 0.2 ppm のパクロブトラゾールを培養液とともに処理した場合、同化産物が葉よりも根に多く分配されることを報告している。本実験では、パクロブトラゾール 12.5 ppm 処理区で根の生体重および乾物重は有意に増加したが、100 ppm 処理区では対照区と変わらなかった。これらの結果から判断して、低濃度のパクロブトラゾール処理は根の生体重および乾物重を増加させるのではないかと考えられる。

10 株の平均開花開始日 (第 1 花房第 1 番花) はすべての処理区で早くなった。これは、成長抑制剤を処理することにより、高温で起こりやすい栄養成長過多や、着果節位の上昇を防いだ結果、花芽分化開始が早まり、開花開始日が対照区より早くなったものと考えられる。着花節位は、すべての処理区で低下し、前報 (浅尾ら, 1993) に比べても対照区との差が大きかった。これは、前報より育苗期の平均気温が 5.5℃ 高かったために、処理の効果が顕著にあらわれたものと考えられる。

Latimer (1992) はパクロブトラゾールを処理することにより、トマトの収量が低下し、Wang・Gregg (1990) はウニコナゾール処理でトマトの収量および

果実数が減少したと報告した。本実験では、第1, 2果房の合計収量が、断根処理区でやや多く、ウニコナゾール 2.5 ppm 処理区では対照区と同等であった。また、Latimer (1992) はパクロブトラゾール処理によってトマトの1果重は変わらなかったが、果実数は減少したと報告した。本実験でもトマトの1果重はほとんど変わらなかったため、果実数の違いが収量に影響したことを示した。

着蕾数には処理区による差がみられなかった(データ略)にもかかわらず、ウニコナゾール 2.5 ppm 処理区で果実数が多かった要因は、落蕾および落花が少なかったことによると思われる。一方、パクロブトラゾール 100 ppm 処理区で果実数が少なかった要因は、植物体がかかなり矮化されたために、葉面積が小さくなり、果実への光合成産物の供給量が少なくなった結果、落花および落果が起こり、着果しても発達する果実の数が少なくなったためであると思われる。

Archbold・Houtz (1988) は、イチゴにパクロブトラゾール処理した場合、葉面積の減少および葉の酵素活性の低下を招き、初期収量が低下したと報告したが、本実験では植物成長抑制物質処理で初期収量は増加した。これは、処理により高温下における栄養成長過多を防ぎ、着花節位が低下し、開花時期を早めたためであると考えられる。

実験終了時の各花房直下葉の葉長が短くなり、収穫開始日が早まったことが、第2花房までみられたことから、本実験で行った処理条件は、第2花房までの収穫を行う低段密植栽培へ応用が可能と考えられる。

以上の結果より、水耕トマトにおいて夏季高温下で収量の低下を防ぐには、断根処理が効果的である。また、苗の徒長を防ぎ、収穫期を早め、初期収量を増加させるには、本葉2枚展開時に2.5 ppmのウニコナゾールを処理することが効果的であることが示された。

摘 要

水耕トマトを夏季高温期に育苗した場合、苗の徒長、着花節位の上昇、それによる収穫期の遅延などが生じる。そこで本研究では、夏季高温期の影響を少なくするために、本葉2枚展開時に植物成長抑制物質(ウニコナゾール 1.25 および 2.5 ppm, パクロブトラゾール 12.5 および 100 ppm)の葉面散布ならびに断根処理を行った。

1. トマト苗が徒長しやすい夏季高温期であっても、植物成長抑制物質および断根処理により植物体の成長が抑制され、育苗期の栽植密度を高めることが可能で

あった。

2. 処理により着花節位は下がり、開花開始日は早くなった。

3. 本葉2枚展開期に処理した植物成長抑制物質の茎長の抑制効果は、第2花房まで及んだ。

4. 処理により第1花房の収穫開始日は早くなったが、第2花房は対照区と変わらなかった。

5. 果実の糖度および1果重は、処理によりほとんど変わらなかった。

6. 第1, 2果房の合計収量は、断根処理区でやや多く、ウニコナゾール 2.5 ppm 処理で対照区と同等であった。

7. 植物成長抑制剤処理により、初期収量が増加した。

引用文献

- Aloni, B. and T. Pashkar. 1987. Antagonistic effects of paclobutrazol and gibberellic acid on growth and some biochemical characteristics of pepper (*Capsicum annuum*) transplants. *Scientia Hort.* 33: 167-177.
- Archbold, D. and R. L. Houtz. 1988. Photosynthetic characteristics of strawberry plants treated with paclobutrazol or flutrimidol. *HortScience* 23: 200-202.
- 浅尾俊樹・伊藤憲弘・細木高志・太田勝巳・遠藤啓太. 1993. 植物生長調節物質、接ぎ木および断根処理がトマト苗の生育に及ぼす影響. 島根大農研報. 27: 79-83.
- 藤重宣昭・杉山直儀・尾形亮輔. 1991. トマトの花芽分化と結実に及ぼす根温の影響. 園学雑. 60: 97-103.
- Kraus, T. E. and R. A. Fletcher. 1994. Paclobutrazol protects wheat seedling from heat and paraquat injury. Is detoxification of active oxygen involved? *Plant Cell Physiol.* 35: 45-52.
- Latimer, J. G. 1992. Drought, paclobutrazol, abscisic acid, and gibberellic acid as alternatives to daminazide in tomato transplant production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 243-247.
- McDaniel, G. L. 1983. Growth retardation activity of paclobutrazol on chrysanthemum. *HortScience* 18: 199-200.
- 並木隆和・小田雅行・工藤康将・高嶋四郎. 1977. 蔬菜水耕栽培の実用化に関する研究. XVI トマトの断根さし木育苗. 京府大学報. 29: 17-22.
- 斎藤 隆・伊東秀夫. 1967. 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. 園学雑. 36: 195-205.

- Wang, C. Y. 1985. Modification of chilling susceptibility in seedlings of cucumber and zucchini squash by the bioregulator paclobutrazol (pp 333). *Scientia Hortic.* 26 : 293-298.
- Wang, S. Y., J. K. Byun and G. L. Steffens. 1985. Controlling plant growth via the gibberellin biosynthesis system. II. Biochemical and physiological alterations in apple seedlings. *Physiol. Plant.* 63 : 169-175.
- Wang, Y. T. and L. L. Gregg. 1990. Uniconazol controls growth and yield of greenhouse tomato. *Scientia. Hortic.* 43 : 55-62.