栃木農研報　No40：13～28（1993）

トマトの窓あき果の発生要因について

深澤郁男・和田悦郎・木村　栄・安川俊彦
栃木博美・本島俊明・石川孝一*・赤木　博

Ⅰ　緒　言

近年，トマト栽培では果皮，果肉が硬く輸送性や貯蔵性に優れ，比較的糖度の高い完熟出荷向き品種への転換が進んだ．この品種転換のなかで，栃木県の主力品種となったハウス桃太郎等に乱形果が多発し産地で問題となった．問題とされる乱形果の種類は，大部分が横裂型乱形果として分類されてきた窓あき果（裂開タイプ）とチャック果（ゆ合タイプ）であり，これまで乱形果として主に論議されてきた頂裂型や多心型等の発生は非常に少ないという特徴を示した．

トマトの乱形果については，半促成作型が確立される1960年代以降多くの研究があるが[1,5-7,9-14,18,20-22]，乱形果のうち，現在の栽培で出現頻度の高い窓あき果，チャック果の発生要因に絞った研究は多くない[15-17,19]．なお，裂開タイプの窓あき果とゆ合タイプのチャック果は，ともに発生過程から同一の障害であり，同一の乱形果として分類するのが適当と考えられたので[17]，以下，窓あき果と総称することとした．

栃木農試では，過去に窓あき果の発生要因に絞って研究を行った経過がある[2-4]．

本報では，トマトの窓あき果の発生に及ぼす育苗時の夜温，土壌水分，施肥量，無機栄養及び植物生長調整物質等の散布の影響について，最近の完熟出荷向き品種を用いて検討した結果を報告する．

Ⅱ　試験方法

試験１．育苗時における夜温の影響（1989-90）

① 処理期間の影響をみるため，育苗夜温が８及び20℃の２水準，処理期間が１，２及び４週間の３水準を組み合わせた６処理と12℃一定の計７処理を設け，供試品種を変えて２カ年窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．

第１年目には，まごころを1989年１月13日には種，３月27日に定植した．第２年目には，ハウス桃太郎を1989年12月１日には種，２月21日～３月５日の第１花房開花期に定植した．処理開始時期は第１年目が第１花房第１花の花芽分化期，第２年目は花芽分化前の本葉２葉期とし，処理後の夜温は12℃とした．１区10株の２区制で第２花房まで調査した．

② 処理時期の影響を見るため，苗の花芽分化段階別に８及び20℃の夜温処理を行い，品種を変えて２カ年，窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．

第１年目は，まごころを用い，処理開始時期は，第１花房の花芽分化期（２月17日），がく片形成期（２月24日），雄ずい形成期（３月３日），雌ずい形成期（３月10日）の４水準とし，４週間処理した．ただし，雌ずい形成期処理は開花期に達したので３週間で処理を打ち切り，定植した．

第２年目は，ハウス桃太郎を用い，処理開始時期は第１年目の処理に第１花房の花芽分化前処理を加えた５水準とし，花芽分化前（12月24日），花芽分化期（12月28日），がく片形成期（１月４日），雄ずい形成期（１月11日），雌ずい形成期（１月18日）とした．その他は①の試験と同様に行った．

試験２．育苗夜温の影響の品種間差（1990）

＊現栃木県宇都宮農業改良普及所

育苗夜温を８，12及び20℃の３水準とし，品種と組み合わせて窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．

桃太郎ほか４品種を1989年12月１日には種，２月13日～３月５日の第１花房開花期に定植した．夜温処理は２葉期（12月26日）より４週間加温ハウスの温床線とトンネル被覆により行った．処理後の夜温は12℃とした．１区８株の２区制で第２花房まで調査し，果実品質は各花房第４花まで行った．供試品種は瑞光102を除き完熟出荷向き品種である．

試験３．床土の水分と施肥量の影響（1989）

床土の水分３水準（少，多，乾湿繰り返し）と施肥量の多少を組み合わせた６処理区を設け，窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．

ハウス桃太郎を1989年９月８日には種，９月25日の２葉期に鉢上げ，11月１日～30日の第１花房開花期に定植した．施肥処理は鉢上げ時に行い，水分処理は10月２日から４週間とした．床土の原土は赤玉土（関東ローム層）を用いた．水分処理の少水分区はしおれさせず鉢土の表面が常に乾燥している状態とし，多水分区は逆に常に湿っている状態に，乾湿繰り返し区はかん水間隔をあけてしおれたらかん水するようにした．１区10株の２区制で第１花房の第１花から第４花まで調査した．作物体の成分は，水分処理終了時に１区５株を供試して，地上部のみ常法により分析した．

試験４．カルシウム及び窒素の影響（1988－1989）

①　カルシウムと窒素濃度の影響をみるため，第１表のように，カルシウムの有無及び窒素濃度を組み合わせた６処理区を設け，育苗期に粒状パーライト（フヨーライト）培地の養液栽培を行って，窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．

まごころを1988年11月12日には種，12月８日に粒状パーライトをつめた４号角ビニルポットに鉢上げ，１月25日に粒状パーライト培地の自作養液栽培施設に定植した．処理は花芽分化期（12月11日）より定植時まで行い，処理前後は大塚ハウス１号，２号，５号を用いた共通組成液で慣行に準じて栽培した．水は地下水を用いた．処理期間中はマグネシウム，微量要素を慣行に準じて添加し，夜温は12℃以上確保した．１区10株の２区制で第３花房まで調査した．作物体の成分は，１区５株を供試して，地上部のみ常法により分析した．

②　カルシウムと窒素の形態の影響を見るため，第２表のようにカルシウムの有無及び窒素の形態を組み合わせた６処理区を設け，育苗期にパーライト培地の養液栽培を行って，窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．

ハウス桃太郎を1989年９月８日には種，10月５日にパーライトをつめた４号ビニルポットに鉢上げ，11月６日に自作のロックウール栽培施設に定植した．処理は２葉期（10月６日）より４週間行い，処理期間中はリン酸を200ppm（NaH_2PO_4），カリを559ppm（K_2SO_4）添加した．その他は①の試験と同様とした．

第１表　試験４－①の処理構成

Ca		N		P	K
$CaCl_2$		NH_4NO_3		KH_2PO_4	
80		600			
	×	400	×	100	126
0		200			

（単位：ppm）

第２表　試験４－②の処理構成

Ca		NH_4－N：NO_3－N
80	$CaCl_2$	200：　0 $(NH_4)_2SO_4$
		× 100：100 NH_4NO_3
0		0：200 KNO_3

（単位：ppm）

第３表　育苗夜温処理期間が窓あき果の発生と心室数に及ぼす影響
（まごころ．1989）

処理 夜温	期間	窓あき果発生率 % 第Ⅰ花房 1	2	3	4	第Ⅱ花房 1	2	3	心室数 Ⅰ	Ⅱ
8℃	1週間	100	69	63	25	75	35	9	13.3	11.4
	2週間	94	100	75	44	78	28	0	12.4	8.7
	4週間	94	90	71	30	68	16	0	12.6	8.2
20℃	1週間	30	31	42	19	17	10	6	9.1	9.4
	2週間	15	0	6	0	16	15	18	7.6	8.8
	4週間	39	10	6	0	0	0	0	7.8	8.6
12℃	一定	100	83	61	67	56	28	25	13.4	12.2

注１．網部分は処理終了時に花芽分化期～雄ずい形成期の花序．
２．Ⅰ，Ⅱは花房順位．
３．各花房の１～４または１～３は花序順位．

試験５．カルシウム，ショ糖及び植物生長調整物質散布の影響（1989）

$CaCl_2$ 0.3％液，ショ糖３％液，トマトトーン100倍液（４-CPA 15ppm），ジベレリン（GA）50ppmの有無を組み合わせ，第15表のような10処理区を設け，育苗期に葉面散布を行って窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．

ハウス桃太郎を1989年２月28日には種，３月22日に鉢上げ，５月６日～８日の第１花房開花期に定植した．処理時期，期間及び回数は，４-CPA及びGAが第２花房の花芽分化期（４月14日）１回処理とし，$CaCl_2$液及びショ糖液は同時期より２週間，毎日処理とした．株当り１回の散布量は約５mℓとした．育苗夜温は８℃とし，窓あき果の多発生条件下においた．１区10株の２区制で第３花房まで調査した．

Ⅲ　試験結果

試験１．育苗時における夜温の影響

１．処理期間の影響

１）第１年目（供試品種：まごころ）

生育は，夜温８℃の期間が長くなるにしたがってやや節間がつまり，20℃の期間がながくなるにしたがい徒長気味となった．

窓あき果の発生率は第３表に示した．夜温８及び12℃処理で高く，20℃処理で低くなった．８℃及び12℃の処理間差は認められず，花序順位の早いものほど，また，低夜温遭遇期間の長い花芽ほど発生率が高い傾向であった．20℃処理では各処理期間とも８℃に比較し発生率は著しく低下し，とくに，２週間処理の第１花房，４週間処理の第１～第２花房における発生はほとんど認められなくなった．

だ円果は扁平の程度の軽いものがほとんどで，発生の傾向は窓あき果と異なり，20℃区の第１花房で高かった．その他の乱形果の発生は窓あき果と同様，８及び12℃処理で高く，その形状は大部分が軽い指出し型とチャック型窓あき果の混合タイプで，頂裂型や多心型は稀だった．

心室数は，８及び12℃処理で多く，果形別ではいずれの乱形果も正常果に比べ多い傾向を示した．

２）第２年目（供試品種：ハウス桃太郎）

定植時の生育は，高夜温処理期間が長くなる

第4表　育苗夜温処理期間が窓あき果の発生と心室数に及ぼす影響
（ハウス桃太郎．1990）

処理 夜温	期間	窓あき果発生率 % 第Ⅰ花房 1	2	3	4	第Ⅱ花房 1	2	3	4	心室数 Ⅰ	Ⅱ
8℃	1週間	29	17	0	0	30	11	9	8	9.4	9.4
	2週間	27	45	11	75	56	25	9	15	11.4	9.0
	4週間	67	58	33	29	17	17	17	33	10.9	7.5
20℃	1週間	18	42	33	20	0	14	50	50	10.9	9.8
	2週間	13	8	21	25	44	45	8	30	9.7	11.8
	4週間	0	0	0	0	8	0	8	7	6.2	8.2
12℃	一定	0	0	0	0	8	9	0	20	9.6	8.3

注1．Ⅰ，Ⅱは花房順位．
2．各花房の1～4は花序順位．

にしたがい徒長気味になったが，定植後は低夜温区の生育が進み，差がなくなった．処理の影響を第4表に示した．

窓あき果の発生率は8℃処理期間が長くなるにしたがって花序順位の遅いものまで高まり，20℃処理期間が長くなるにしたがって低くなる傾向で，12℃一定は低かった．以上のように，前年のまごころとハウス桃太郎では12℃処理の感応に著しい違いが認められたが，窓あき果の程度には明かな傾向が認められなかった．

だ円果の発生率は，8及び12℃処理の第1花房でやや高かったものの，第2花房では判然としなかった．また，その他の乱形果の発生にも一定の傾向は認められず，前年のまごころと異なる傾向を示した．

心室数は窓あき果の発生率が高いもので多く，前年のまごころと同じ傾向を示した．

2．処理時期の影響

1）第1年目（供試品種：まごころ）

生育は8及び12℃に比べ20℃処理で早く，やや徒長気味となった．処理の影響は第5表に示した．

窓あき果の発生率は8及び12℃処理で高く，20℃処理で低下した．8及び12℃の処理間差は認められず，花序順位の早い果実ほど発生率が高い傾向を示した．20℃処理では，処理時期が遅くなるにしたがい花序順位の遅い果実まで発生率が高まった．処理開始時の花芽分化段階と関連づけると，花芽分化期前後から窓あき果の発生がみられ，分化の進んだ花芽ほど窓あき果の発生率が高まった．

心室数は窓あき果の発生率の高い花房の果実で多い傾向を示した．

2）第2年目（供試品種：ハウス桃太郎）

生育は，最終的に差がなくなったが，20℃処理時期の遅い区で生育が進み，定植時の草勢は強かった．

窓あき果の発生率は第6表に示した．8℃処理で高く，20℃処理では極めて低かった．8℃処理では，花芽分化期処理がやや低くなったが，処理時期が遅くなるにしたがって花序の進んだ果実で発生率のピークが現れる傾向であった．最も感応の鋭敏な時期は，遭遇時間の影響を除外できず，特定できなかった．

心室数は窓あき果の発生率の高いもので心室数も多い傾向を示し，8℃処理時期の早いもの

第5表　育苗夜温処理開始時期が窓あき果の発生と心室数に及ぼす影響
（まごころ．1989）

処理 夜温	処理 開始時期	窓あき果発生率 % 第Ⅰ花房 1	2	3	4	第Ⅱ花房 1	2	3	心室数 Ⅰ	Ⅱ
8℃	花芽分化	94	90	71	30	68	16	0	12.6	8.2
	がく片形成	65	85	70	60	70	26	23	11.1	12.2
	雄ずい形成	84	95	83	73	68	22	23	10.4	10.7
	雌ずい形成	78	70	58	35	35	15	27	10.6	10.5
20℃	花芽分化	39	10	6	0	0	0	0	7.8	8.6
	がく片形成	50	11	0	0	16	7	0	8.4	7.4
	雄ずい形成	63	63	38	20	31	0	0	12.3	11.3
	雌ずい形成	35	61	50	46	37	11	0	9.7	10.3
12℃	一定	100	83	61	67	56	28	25	13.4	12.2

注1．網部分は処理開始時に花芽分化期から雄ずい形成期の花序．
2．Ⅰ，Ⅱは花房順位．
3．各花房の1～4または1～3は花序順位．

は第1花房で，遅いものは第2花房で心室数が多くなった．

試験2．育苗夜温の影響の品種間差異

生育調査結果は第7表に示した．処理終了時の生育は，各品種とも夜温が高くなるにしたがって生育が進み，徒長気味となったが，定植後は低夜温区の生育が進み，草丈では逆転する傾向を示した．花数はまごころ，ハウスおどりこ，

第6表　育苗夜温処理開始時期が窓あき果の発生と心室数に及ぼす影響
（ハウス桃太郎．1990）

処理 夜温	処理 開始時期	定植月日	窓あき果発生率 % 第Ⅰ花房 1	2	3	4	第Ⅱ花房 1	2	3	4	心室数 Ⅰ	Ⅱ
8℃	花芽分化前	3.5	67	58	33	29	17	17	17	33	10.9	7.5
	花芽分化	5	33	14	0	9	14	15	17	17	10.1	6.9
	がく片形成	5	20	0	62	0	8	8	0	25	11.9	7.7
	雄ずい形成	5	30	17	63	50	30	27	27	22	9.4	11.3
	雌ずい形成	5	10	8	10	50	17	33	0	25	7.8	12.4
20℃	花芽分化前	2.21	0	0	0	0	8	0	8	7	6.2	8.2
	花芽分化	21	0	0	0	0	15	0	0	0	6.2	7.4
	がく片形成	21	0	0	0	0	0	8	0	10	6.0	7.0
	雄ずい形成	13	0	0	0	0	0	0	7	0	7.2	6.1
	雌ずい形成	8	0	6	0	0	0	0	0	0	7.9	7.0

注1．Ⅰ，Ⅱは花房順位．
2．各花房の1～4は花序順位．

第7表　育苗夜温が生育に及ぼす影響の品種間差

処理		定植	草丈cm		茎径5.18mm		花数		心室数	
夜温	品種	月日	1.23	5.18	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
8℃	桃太郎	3.5	6	119	9.8	9.1	4.5	5.5	13.2	6.5
	まごころ	5	6	115	9.8	9.3	6.7	5.4	12.7	8.6
	ハウス桃太郎	5	6	103	8.9	7.7	5.4	4.9	10.9	7.5
	ハウスおどりこ	5	6	110	9.3	8.7	7.6	5.7	9.4	7.0
	瑞光102	5	6	107	8.9	8.2	6.1	5.4	10.9	6.7
12℃	桃太郎	2.23	13	101	9.7	8.9	4.6	5.0	10.9	8.7
	まごころ	23	16	106	8.6	9.4	5.0	4.7	10.5	10.0
	ハウス桃太郎	23	12	99	8.6	7.8	5.3	5.2	9.6	8.3
	ハウスおどりこ	23	14	97	8.5	7.6	5.2	5.1	8.6	9.0
	瑞光102	23	14	91	8.8	7.3	5.2	4.8	7.8	7.7
20℃	桃太郎	2.13	23	122	9.7	10.3	4.5	4.8	7.1	8.9
	まごころ	23	25	104	8.0	7.9	5.3	5.3	7.5	10.6
	ハウス桃太郎	21	20	98	8.4	6.8	5.2	5.4	6.2	8.2
	ハウスおどりこ	21	21	96	8.7	7.4	4.8	4.9	5.9	8.0
	瑞光102	23	21	87	7.9	6.3	4.5	4.5	5.8	7.4

注　Ⅰ，Ⅱは花房順位.

瑞光102では夜温が低くなるにしたがい増加したが，他の品種は判然としなかった．第1花房の心室数は夜温が低くなるにしたがい増加する傾向を示した．

窓あき果の発生率は第8表に示した．夜温が低くなるにしたがって，いずれの品種も各花房で窓あき果の発生が高まる傾向を示した．品種間では，まごころが8及び12℃でともに高く，ハウス桃太郎は8℃で高いものの12℃では著しく発生が抑えられた．桃太郎は12℃では発生がみられず，ハウスおどりこは8℃，12℃とも比較的低く，差が小さかった．窓あき果を程度別にみると，ハウス桃太郎では夜温処理間差があまりないのに対し，他の品種では夜温が低くなるにしたがって，ゆ合部が長くなったり，裂開する等，程度が重くなる傾向を示した．品種間では，桃太郎，まごころ，ハウス桃太郎で程度の重い窓あき果の割合が高く，ハウスおどりこ，瑞光102は低い傾向を示した．

だ円果及びその他の乱形果の発生は，窓あき果と同様，低夜温でやや高まる傾向があり，瑞光102ではその傾向が特に強かった．

試験3．床土の水分と施肥量の影響

生育は第9表に示した．水分は，乾湿繰り返し＜少＜多の順に，肥料は少＜多の順に草勢が強かった．少肥処理では定植後の活着が悪く，生育は不良であった．

植物体の成分は第1図のとおり，多肥処理でカルシウムが低く，窒素・リン酸・カリは高くなった．水分では，多＜少＜乾湿繰り返しの順に各種成分が高まった．

窓あき果の発生率は第2図のとおり，水分間では少＜多＜乾湿繰り返しの順に，肥料は少＜多の順に高く，多肥及び乾湿繰り返し処理で程度の重い果実の発生率が高かった．

だ円果及びその他の乱形果の発生率は全体的に低く，明らかな傾向が認められなかった．なお，心室数は多水分・少肥区で少なく，乾湿繰

第8表　育苗夜温が乱形果の発生に及ぼす影響の品種間差

処理		第Ⅰ花房						第Ⅱ花房					
		窓あき果 %				だ円果	その他の	窓あき果 %				だ円果	その他の
夜温	品種	A	B	C	計	%	乱形果%	A	B	C	計	%	乱形果%
8℃	桃太郎	0	3	3	6	7	3	6	0	13	19	3	6
	まごころ	7	12	22	41	10	2	14	17	14	45	8	3
	ハウス桃太郎	14	16	14	44	14	0	10	7	2	19	0	10
	ハウスおどりこ	2	7	0	9	14	2	7	0	0	7	26	16
	瑞光102	20	12	4	36	18	12	6	6	0	12	17	17
12℃	桃太郎	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	2	2
	まごころ	6	10	6	22	6	0	17	12	7	36	5	5
	ハウス桃太郎	0	0	0	0	13	0	0	4	4	8	4	0
	ハウスおどりこ	0	0	0	0	15	0	2	0	0	2	9	0
	瑞光102	4	0	0	4	11	5	4	0	0	4	13	0
20℃	桃太郎	0	0	0	0	6	0	3	0	3	6	3	3
	まごころ	0	4	0	4	9	0	7	2	2	11	7	0
	ハウス桃太郎	0	0	0	0	0	0	2	0	4	6	4	0
	ハウスおどりこ	0	0	0	0	4	0	2	4	0	6	8	0
	瑞光102	0	0	0	0	6	0	6	6	0	12	8	0

注　窓あき果程度　A： 　B： 　C：

り返し・多肥区で多い傾向であった．

試験4．カルシウム及び窒素の影響

1．カルシウムと窒素濃度の影響

処理終了時の生育は窒素低濃度処理及びカルシウム無添加処理で旺盛となった．

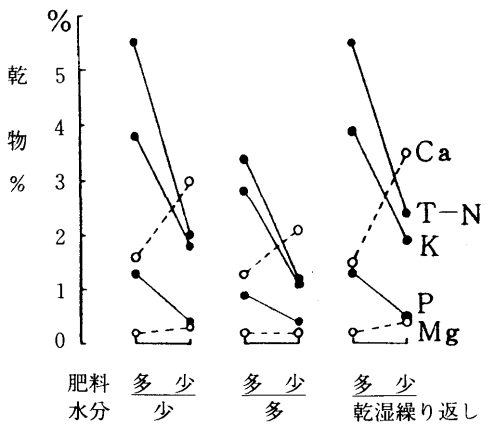
作物体の成分は，培養液の窒素濃度が高くなるにしたがい窒素濃度が高く，リン酸は逆に低下し，カルシウム添加区もほぼ同様の傾向であった．

窓あき果の発生率は第10表に示した．カルシウムの有無では，各花房とも無添加区で発生率が高く，窒素濃度については，第1花房のみ濃度が低くなるのにしたがい発生率は高まったが，その他の花房では明らかな傾向が認められなかった．

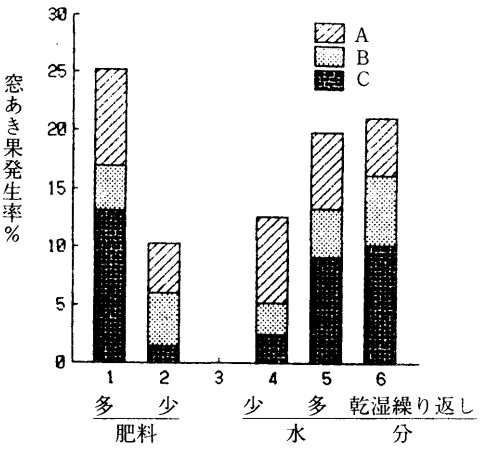
だ円果及びその他の乱形果の発生には一定の

第9表　床土の水分及び肥料が生育に及ぼす影響

処理			定植	かん水処理	11月22日			2月2日		心室数
水分	肥料（N・P・K mg/鉢）		月日	mℓ／鉢	葉数	草丈cm	茎径mm	草丈cm	茎径mm	
少	多	（800・4000・800）	11. 3	1060	14.6	70	6.7	101	8.2	5.6
	少	（100・ 500・ 0）	24	770	9.4	34	4.2	57	4.4	5.9
多	多	（800・4000・800）	1	1780	15.3	86	7.8	109	8.6	5.1
	少	（100・ 500・ 0）	14	1290	10.3	46	4.3	80	4.5	4.1
乾湿繰返し	多	（800・4000・800）	9	890	13.3	58	6.3	100	8.3	6.7
	少	（100・ 500・ 0）	30	560	9.0	27	4.0	63	4.7	5.5



第1図　床土の水分及び施肥量が作物体の成分に及ぼす影響



第2図　床土の水分及び施肥量が窓あき果発生に及ぼす影響
（窓あき果程度　A：◎　B：○　C：◉）

傾向が認められなかった．

2．カルシウムと窒素形態の影響

生育及び作物体の成分は第11表に示した．アンモニア態窒素単用処理で著しく生育は劣ったが，定植後は草勢が回復し，また，カルシウムの有無では，添加区で旺勢となった．

作物体の成分は，アンモニア態窒素の比率が高くなるにしたがい，窒素総量，リン酸が高く，カリ，マグネシウムは低い傾向を示した．カルシウム添加の有無では，添加によりカルシウムが高く，他の成分は低い傾向を示した．

心室数はアンモニア態窒素単用区で少なく，花房別では，第1花房より第2花房でやや増加する傾向がみられた．

窓あき果の発生率は第3図に示した．処理時の夜温が比較的高温であったにもかかわらず全体的に発生率が高く，カルシウム添加の有無では，各花房とも無添加処理で高く，程度も重い傾向が認められた．窒素の形態では，各花房ともアンモニア態窒素の比率が高くなるにしたがい窓あき果の発生率は高く，程度も重くなる傾向を示した．

だ円果及びその他の乱形果の発生には明かな傾向が認められなかった．

試験5．カルシウム，ショ糖及び植物生長調整物質散布の影響

第10表　カルシウム及び窒素濃度が作物体成分と窓あき果発生に及ぼす影響

処理		開花期	培養液	作物体 乾物 %					窓あき果 %		
Ca	N (ppm)		EC ms/cm	N	P	K	Ca	Mg	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
有	600	1.28	3.2	7.2	2.9	2.0	0.9	0.9	20	39	27
	400	26	2.4	6.3	1.6	2.0	0.5	0.2	24	35	41
	200	22	1.8	5.0	3.5	2.3	1.4	1.3	32	46	35
無	600	2. 2	3.1	7.6	3.3	2.0	0.6	1.0	21	56	45
	400	1.30	2.2	6.9	4.8	1.3	0.4	1.0	30	53	40
	200	27	1.3	4.6	5.4	2.8	0.8	1.7	38	53	45

注　Ⅰ～Ⅲは花房順位．

第11表　カルシウム及び窒素形態が作物体成分と心室数に及ぼす影響

処理		11月17日			培養液	作物体 乾物 %					心室数	
Ca	NH_4NO_3:NO_3-N	葉数	草丈cm	葉茎mm	EC ms/cm	N	P	K	Ca	Mg	I	II
有	600 : 0	3.6	35	4.9	3.8	6.1	1.5	6.4	0.5	0.2	4.3	4.8
	400 : 100	5.7	80	8.0	3.3	4.6	1.2	6.9	0.6	0.3	5.3	6.7
	200 : 200	5.8	84	8.5	2.6	3.6	1.1	9.8	0.4	0.4	5.2	6.6
無	600 : 0	3.1	35	3.8	3.4	—	1.6	6.7	0.2	0.3	4.4	4.8
	400 : 100	6.0	74	7.5	2.8	5.0	1.5	7.5	0.2	0.4	4.6	5.7
	200 : 200	4.3	67	6.9	2.1	4.0	1.2	9.3	0.3	0.5	5.5	5.4

注　I，IIは花房順位.

定植時の葉数，草丈はGA処理で促進されたが，処理後GA及び4-CPA処理では縮葉症状がみられ，とくに上位葉まで発生した両者の併用処理はその後の生育が抑制された.

要因別の窓あき果発生率を第4図に示した. 4-CPAとGAの併用処理の影響が最も大きく，第2，第3花房の窓あき果の発生率が著しく高まった. 4-CPA処理は第2花房で増加したものの第3花房では逆に無処理より低下した. カルシウム及びショ糖処理の影響は，GA及び4-CPA処理に比べ極めて小さくカルシウム処理ではむしろ窓あき果の発生は抑制された.

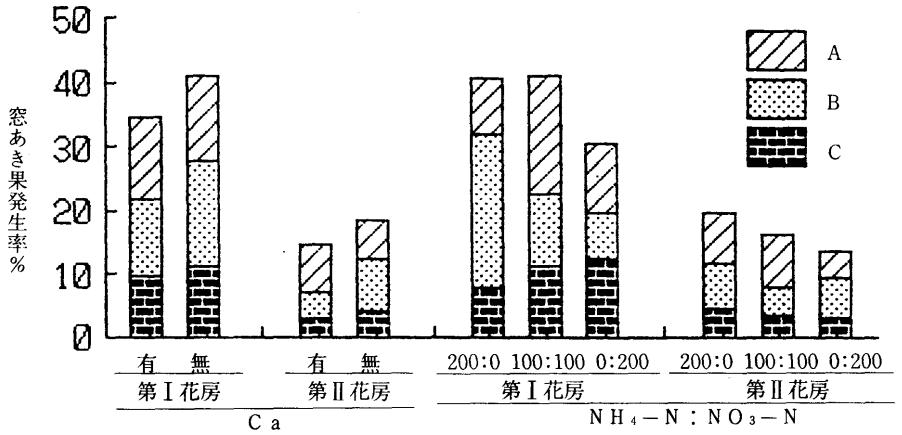
だ円果及びその他の乱形果は，GA処理で頂裂果の発生が著しく多かった他は明かな傾向が認められなかった.

心室数は，GA処理で増加し，4-CPA処理でやや減少したが，カルシウムやショ糖処理の影響はほとんどみられなかった.

Ⅳ 考察

1．育苗期における夜温の影響

品種をかえて2か年にわたり，育苗夜温及び処理期間の影響を検討した. 品種により窓あき果の発生に感応する低夜温が異なるものの，ハウス桃太郎をみると，1週間処理により第1，第2花房の数花で窓あき果が増加し，低夜温遭



第3図　カルシウム及び窒素形態が窓あき果発生に及ぼす影響
（窓あき果程度：A：㊀　B：㊁　C：㊂）

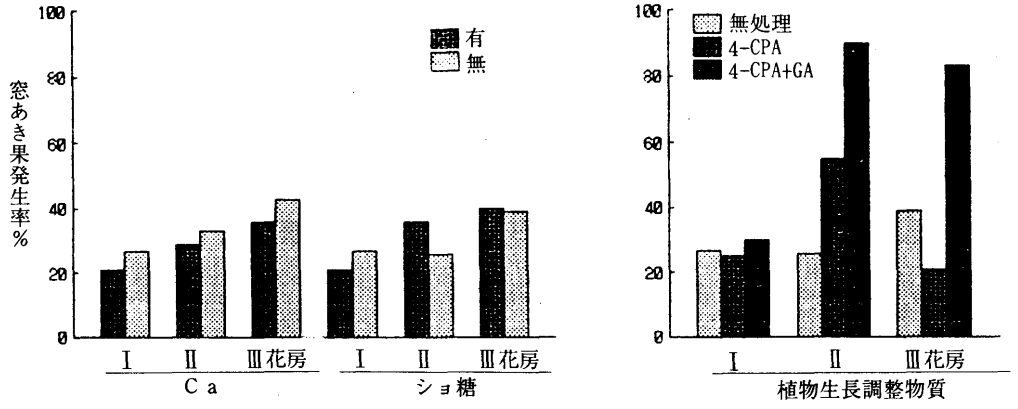
第12表　カルシウム，ショ糖及び植物生長調整物質散布が生育に及ぼす影響

No	処理 GA	Ca	4-CPA	ショ糖	5月10日 葉数	草丈cm	茎径mm	8月3日 草丈cm	茎径mm Ⅰ	茎径mm Ⅲ	縮葉※1 葉位	心室数 Ⅰ	心室数 Ⅱ	心室数 Ⅲ
1	無	有	有	有	10.4	43	5.8	89	8.6	9.6	-4～3	5.0	4.4	5.9
2				無	10.5	42	5.7	87	8.5	9.7	-3～3	4.8	4.3	5.6
3			無	有	10.5	43	6.2	90	9.3	9.4	－	4.9	4.8	6.7
4				無	10.4	42	6.0	90	9.0	9.6	－	4.9	5.0	6.1
5		無	有	有	10.2	46	6.0	86	8.2	9.4	-2～3	5.2	4.1	5.7
6				無	10.3	46	6.0	83	8.0	10.0	-3～3	4.8	4.0	5.8
7			無	有	10.5	46	6.4	89	9.1	9.0	－	5.2	4.9	6.3
8				無	10.3	43	6.2	90	8.9	8.8	－	4.8	4.7	6.2
9	有	有	有	無	11.4	48	5.8	86	7.5	8.3	-3～8	5.0	7.2	8.8
10		無	有	無	11.6	49	5.9	89	7.8	8.2	-3～9	4.6	7.1	8.6

注1．第1花房を基準として下位葉を－，上位葉を＋で示す．
2．Ⅰ～Ⅲは花房順位．

遇期間の長い花芽ほど発生率が高くなる傾向が認められた．この結果は，品種が異なるものの青木ら[3]の報告と同じ傾向であった．1週間処理でも分化が始まったばかりの第2花房まで影響が認められ，かなり短期間で影響があらわれるものと考えられた．果形に及ぼす低温処理日数について，処理温度は異なるが2℃連続3日間処理で乱形果の発生がやや増加したとする報告[14]や，6℃連続3日間処理で窓あき果が増加したとする報告[19]がある．本試験では，昼温をハウス内の開放条件下としたことから，連続低温条件よりやや長くかかっているものの，ほぼ同じ結果と考えられた．

20℃の高夜温処理の影響をまごころでみると，1週間処理で第1，第2花房に影響がみられ，2週間処理では第1花房，4週間処理では第1，第2花房の窓あき果の発生が著しく減少した．高夜温処理の影響は，低夜温処理とは逆に，窓



第4図　カルシウム，ショ糖及び植物生長調整物質散布が窓あき果の発生に及ぼす影響

あき果の発生を抑制するものであった．

12℃一定処理をまごころとハウス桃太郎で比較すると，まごころは8℃4週間処理と同様に窓あき果が発生しており，ハウス桃太郎では20℃4週間処理と同様に発生が少なかった．また，温度処理後に12℃に戻したところ，ハウス桃太郎の20℃1及び2週間処理では12℃一定処理より窓あき果の発生が高まった．草勢の強弱で感応温度のことなることが乱形果で認められているが[12,14,20]，20℃1週間処理でも温度処理後に12℃に戻した場合かなり発生が増加しており，草勢の強弱による感応温度の変化だけでは理解できないと考えられる．すなわち，急激な温度低下自体が発生要因となっている可能性がある．

低夜温の影響を花芽分化段階と関連づけると，処理期間の生育ステージで花芽分化期よりやや早い時期から花粉母細胞初生期頃までの間に窓あき果が発生していることから，感応時期は限られた狭い期間ではなく，かなり長い期間であると考えられた．一般に第1花房の分化始期から約10日間で第2花房，約20日間で第3花房の分化が始まり，各花房には連続的に花序が分化してくる．各々の花芽は分化後約8日間でがく片形成期，約12日間で雄ずい形成期，約18日間で花粉母細胞初生期にはいる．藤村ら[11,12]，金目ら[14]，村松ら[20]は，花芽分化期前後の低温が頂裂型等の乱形果の発生に影響するとし，金目ら[14]は花芽分化前と雄ずい形成期以降では低温の影響を受けにくいと報告しており，本試験の結果と異なっている．また，川里ら[18]は果底部のひだと心室数から，果形に及ぼす影響はがく片形成期の低温が大きいと報告した．豆塚ら[19]は窓あき果の発生に影響する低温時期は，花芽分化期前後とされる頂裂型の乱形果の場合より，かなり長い期間あると報告している．本試験の結果は，豆塚らの結果と一致し，窓あき果の発生に影響する低温時期をある程度特定することができた．また，頂裂型等の乱形果では花芽分化期前後に，窓あき果では花芽分化期前後から花粉母細胞初生期頃までというように乱形果の種類により，低温の影響を受ける花芽発育段階の異なることが示唆される．

低夜温に対する感受性が花序順位により異なることが認められたが，同様の現象を斉藤ら[26]は心室数でみており，花序順位の早い花ほど心室数が多いとした．本試験においても，同一花房内では花序順位の早い花芽ほど窓あき果が発生し，感受性が高いと考えられた．

2．育苗夜温の影響の品種間差異

栃木県内各産地では，完熟出荷向き品種が導入されるなかで窓あき果の発生が大きな問題となった．青木ら[2]は，低夜温による窓あき果の発生には品種間差の著しいことを報告しており，また，温度条件は明かではないが，加藤ら[17]も窓あき果の発生に品種間差を認めている．そこで従来の主力品種である瑞光102に，完熟出荷向き品種とされる数品種を加えて，育苗夜温が窓あき果の発生に及ぼす影響を検討した．その結果，完熟出荷向き品種の中にもハウスおどりこのように，低温下でも比較的窓あき果の発生しにくい品種が認められた．しかし，まごころ，ハウス桃太郎といった品種は低夜温下で著しく発生が増加し，まごころは12℃でもかなり発生が認められた．従来の瑞光102自体が窓あき果の発生しやすい品種であったが，この品種と比較して，まごころ，ハウス桃太郎は発生率が高いだけではなく，症状の重い果実の割合が高かった．桃太郎の発生率はあまり高くなかったが，程度の重い果実の割合が著しく高かった．程度の重い裂開果は出荷不能となるため，裂開するか否かは生産上重大な差異と考えられる．以上のように，完熟出荷向き品種にも窓あき果の発生に品種間差が認められ，完熟出荷向き品種が必ずしも窓あき果が発生しやすいとは考えられなかった．

3．床土の水分，施肥量の影響

これまで乱形果の研究には，床土の水分や施肥量により苗の草勢をかえて低夜温との関係をみたものがあり，それによると低夜温下の強草勢で乱形果が増加するとされている[14]．窓あき果の場合にも他の乱形果と同様に低夜温下の強草勢で増加することを青木ら[2]は明らかにしている．しかし，窓あき果は頂裂型等の乱形果と異なり，低温に遭遇しない作型でも発生が認められ，他にも要因があると考えられた．そこで，育苗夜温が比較的高温期にあたる促成作型で床土の水分と施肥量を組み合わせ，草勢をかえて窓あき果の発生に及ぼす影響を再検討した．

施肥量の影響は，多肥で窓あき果が増加し，これまでの結果と同じであったが，水分処理の影響は，かん水量が少なく草勢の最も抑えられた乾湿繰り返し処理で窓あき果が増加し，これまでの結果と異なった．乾湿繰り返し処理による窓あき果の増加は，強草勢によらず，異なる作用機作によるものと考えられた．作物体の無機成分をみると，多肥処理でカルシウム含量が減少し，乾湿繰り返し処理ではその傾向が著しかった．これらのことをあわせ考えると，高温下での多肥や乾湿繰り返し処理による窓あき果の増加にはカルシウムの吸収阻害が関与している可能性があろう．

4．カルシウム及び窒素の影響

窓あき果の発生を促進する要因として，加藤ら[17]はカルシウムの不足を上げ，さらに，カルシウムの吸収阻害に関連するカリ，アンモニア，窒素の多用によっても発生が促進されるとした．本試験においても窓あき果の発生にカルシウムの関与がうかがえたため，加藤らの試験方法を一部改良し，追試を試みた．本試験では培地として，粒状パーライト（フヨーライト）やパーライトを用いたが，石英砂等に比べカルシウムの溶出がほとんどなく，材料として適していると判断されたためである．

本試験の結果は，カルシウムの添加培養液で窓あき果の発生がやや減少し加藤らの結論と一致したが，窒素の濃度及び形態の影響は加藤らの結論と異なった．すなわち，窒素濃度については低濃度処理で草勢が強まって窓あき果の発生が増加した．また，窒素の形態について，加藤らはアンモニア態と硝酸態が等量の時に比べどちらか一方の時窓あき果が増加するとしたが，本試験ではアンモニア態の比率が増すにしたがって窓あき果が増加する傾向であった．このときの作物体の成分をみると，窒素低濃度処理ではリン酸濃度が高まり，アンモニア態単用処理では窒素，リン酸濃度が高まってカリ濃度が低下した．李ら[22]は，低温下で糖，リン酸濃度やオーキシン，GA様物質の活性が高まり，花芽の分化発育が増大して心室数が増加することをみている．細木ら[11]は低温条件で全糖やアンモニア態窒素含量が高まるとしている．本試験での無機栄養の濃度変化も窓あき果の増加に関係していることが考えられる．いずれにしても養液栽培では，無機塩類の種類，濃度により植物体の無機栄養の吸収特性がかなり変化するため，無機栄養の影響を明らかにするのは非常に難しく，今後の研究にまたねばならない．

5．カルシウム，ショ糖及び植物生長調整物質の影響

窓あき果の発生しやすい低夜温条件下で，カルシウム，ショ糖，4-CPA及びGAの散布処理の影響を検討した．

カルシウム添加の培養液で栽培した場合に窓あき果の発生が減少したことから，積極的にカルシウムを供給することを意図した．従来からカルシウム欠乏によるトマトの尻腐れ果対策としては塩化カルシウム溶液の散布が行われており，カルシウムの積極的な供給方法として効果を期待した．ショ糖散布処理は，青木ら[2]の追試として試験に組み込んだ．結果は，カルシウム処理で窓あき果の発生がわずかに減少し，ショ糖処理ではわずかに増加し，予想された結果

と一致した．しかし，その影響は予想に反して大きいものではなかった．

植物生長調整物質処理の影響は，カルシウムやショ糖処理に比べてはるかに大きく，とくに4-CPAとGAの併用処理で著しく窓あき果が発生した．また，このとき，頂裂型乱形果が併発し，その影響は第3花房にまで及んだ．4-CPA単用処理では，第2花房で窓あき果が増加したものの，第3花房では逆に減少した．

浅平ら[5]は，各種の植物生長調整物質を用いて，乱形果の発生に及ぼす影響を検討している．それによると，オーキシン移動阻害剤処理により多心型の乱形果が多くなり，乱形程度・心室数・花数等が増加しており，逆にオーキシン類（NAA 10ppm，2-4D 1ppm）の処理では乱形程度や心室数が減少したとしている．さらに，GAの5及び10ppm処理で頂裂型乱形果が増加し，心室数が増加，花数が減少することを報告した．同様に，青木ら[3]は各種の植物生長調整物質を用いて，窓あき果の発生をみている．オーキシン類のうち，4-CPA 15ppm，クロキシホナック200ppm（トライロン 500倍）処理で窓あき果の発生が著しく高まり，2-4D 5ppm処理ではやや高まり，NAA 20ppm処理では窓あき果及び花数に対する影響は認められないとした．また，BA 100ppm，エスレル 200ppm及びGA 50ppmの各処理で窓あき果の発生率が高まり，GA処理では頂裂型乱形果が併発したとしている．

本試験における4-CPAとGAの併用処理の結果は，浅平らや青木らのGA処理の結果とほぼ一致した．すなわち，4-CPAの効果以上にGAの効果が著しく，GA単独の場合と同じく頂裂型乱形果が増加したと考えられる．

オーキシン類単用処理の影響は，オーキシン類の種類及び濃度により異なることが，浅平らや青木らの報告から推察される．本試験の4-CPA単用処理では第2花房と第3花房で反応が全く逆にあらわれた．このことは，4-CPA 15ppmの影響を直接受けた第2花房は窓あき果が増加し，影響の薄れた第3花房では窓あき果が減少したものと考えられる．

6．総合考察

これまで，頂裂型，多心型，指出し型等の乱形果は，低温・強草勢条件下で花芽の栄養過剰状態が生じ，異常発育することにより発生することが明らかにされてきた[1,12,14,18,20,21,25]．また，低温条件は，糖・無機栄養・内生ホルモン類の濃度変化を伴い，植物生長調整物質処理で乱形果の発生を再現できることがみいだされた[5,9,10,22,25]．本試験では，これら乱形果の発生要因が，ほぼ窓あき果の発生要因でもあることを明らかにするとともに，窓あき果独自の発生要因及び特徴を明らかにした．すなわち，窓あき果独自の発生要因として，床土の乾湿繰り返し条件，養液栽培の育苗における培養液のカルシウム欠乏・窒素低濃度条件・アンモニア態窒素の高比率条件があげられた．床土の乾湿繰り返し条件はカルシウム欠乏状態を伴っていること，また，カルシウムの茎葉散布により窓あき果の発生が軽減されることから，土耕の育苗においてもカルシウム欠乏は窓あき果の発生につながるものと考えられた．さらに，窓あき果は他の乱形果と異なり，低温感応時期がかなり長期間にわたっていると考えられた．

窓あき果の発生と花数，心室数との関係は，本試験のなかで同一の傾向を示さなかった．低温期の花芽の栄養過剰による窓あき果発生には花数及び心室数の増加を伴うが，高温期及び植物生長調整物質処理による窓あき果の発生では花数及び心室数の増加を必ずしも伴わなかった．花数は花芽分化前の温度条件で決定されることが明らかにされており[8,18,23]，心室数は花芽分化直前から直後の低温遭遇で増加し，雄ずい形成期以降では低温感応しないことが報告されている[24]．これらのことから，花数や心室数は花芽分化前または分化後の早い時期にほぼ決

定されており，窓あき果の感応時期と一部重なるところがある．特に，心室数は感応時期が近く，窓あき果の発生率との相関が強く認められる．しかし，高温期の試験及び植物生長調整物質処理の試験ではこれらの関係が認められず，高温期における窓あき果の発生には，カルシウムの吸収阻害や内生ホルモンの変化が主要な要因になっているものと考えられる．

V 摘　要

トマトの窓あき果の発生に及ぼす育苗期の影響を，最近の完熟出荷向き品種を用いて検討した．

1．窓あき果の発生は低夜温育苗で，しかも低温遭遇期間が長くなるほど増加し，8℃1週間でも発生が認められた．また，高夜温育苗後の急激な温度低下も発生要因の一つとと考えられた．

2．窓あき果の発生に及ぼす低温感応時期は花芽分化期前後から花粉母細胞初生期ごろまでと考えられた．

3．完熟出荷向き品種のなかにも，窓あき果の発生に及ぼす育苗夜温の感応に差があり，品種間差が認められた．

4．比較的高温期の育苗では，床土の乾湿繰り返し及び窒素多施用が窓あき果発生の大きな要因となった．

5．養液栽培の育苗では，培養液のカルシウム欠乏，窒素低濃度，アンモニア態窒素の高比率が窓あき果の発生要因となった．

6．カルシウムの茎葉散布で窓あき果の発生は減少したが，その効果は小さかった．

7．オーキシン類（4-CPA）の茎葉散布で，濃度により窓あき果の発生が増加または減少すると考えられた．また，GAとの併用処理で窓あき果と頂裂型乱形果が多発した．

8．花芽の栄養過剰による窓あき果の発生には，花数や心室数の増加を伴うが，高温期育苗での窓あき果発生にはこの関係が認められなかった．

本試験の実施にあたり，終始ご協力いただいた斉藤邦夫技査，斉藤ヒサ主任技術員，鈴木茂夫技術員，福田正孝技術員に厚くお礼申し上げる．また，本試験の設計と取りまとめにあたりご指導いただいた川里宏前栃木分場長に深く謝意を表する．

引用文献

1．秋川久樹・白石憲郎（1968）園学要旨中国四国支部昭43春：321
2．青木一郎・大橋　敢（1975）栃木農試業績報告第11号：117-123
3．————・————（1975）栃木農試業績報告第12号：53-54
4．————・————（1977）栃木農試業績報告第14号：55-56
5．浅平　端・細木高志・新谷　清・森本眞司（1979）園学要旨昭54春：200-201
6．藤重宣昭・青木　篤（1988）園学要旨昭63春：316-317
7．————・————（1988）園学要旨昭63秋：322-323
8．福島与平・増井正夫（1962）園学雑31：207-212
9．細木高志・新谷　清・草間達也・太田勝巳・浅平　端（1980）園学要旨昭55秋：266-267
10．————・太田勝巳・浅平　端（1982）園学要旨昭57秋：254-255
11．藤村　良・森　俊人・伊藤純吉・藤本治夫（1964）兵庫農試研報12：63-65
12．————・伊藤純吉・藤本治夫（1964）兵庫農試研報13：66-69
13．位田晴久・上原義彦・浅平　端（1990）園学雑59別1：380-381

14. 金目武男・板木利隆（1966）神奈川園研報14：57-64
15. 加藤　徹（1971）園学要旨昭46秋：150-151
16. ――――・児玉英智（1971）園学要旨中国四国支部昭46秋：385
17. ――――・――――（1973）高知大学研報22農学13：115-123
18. 川里　宏・大和田常晴・大橋　敢(1971) 栃木農試研報14：61-66
19. 豆塚茂実・山本幸彦・柴戸靖志（1991）農及園66：937-942
20. 村松安男・神谷円一（1967）静岡農試研報12：70-79
21. ――――・――――・大石　夫（1969）静岡農試研報14：19-29
22. 李　天来・斉藤　隆（1988）園学要旨昭63春：298-299
23. 斉藤　隆・伊藤秀夫（1962）園学雑31：207-212
24. ――――・――――（1971）園学雑40：129-138
25. ――――（1975）園学要旨昭50秋：176-177

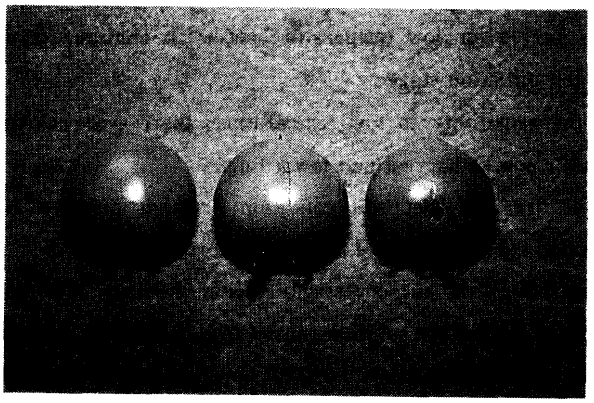


写真1　健全果と窓あき果

左：健全果　　中央：ゆ合タイプの窓あき果(チャック果)
右：裂開タイプの窓あき果

Factors Inducing Pitted Fruit of Tomato

Ikuo FUKAZAWA, Etsuro WADA, Sakae KIMURA, Toshihiko YASUKAWA,
Hiromi TOCHIGI, Toshiaki MOTOJIMA, Kouichi ISHIKAWA and Hiroshi AKAGI

Summary

There are many studies on irregular fruit formation of tomato, but few studies are focused on pitted fruit. In recent years, It is known that pitted fruit occurs frequently in a cultibar Hause－Momotaro (House－Momotaro is a main variety in Tochigi prefecture) which is a variety suitable for full ripeness harvest and forwarding. Therfore, we investigated the influences of nersery term on inducing pitted fruit formation of tomato.

1. Treatment of 8℃ night temperature for 1 week during nurcery period is efficient on inducing pitted fruit formation, as a term of treatment become longer, pitted fruit increased. Moreover, sudden lowering of temperature after high night temperature nursery period is a factor of inducing pitted fruit formation.

2. This sensitivity period for low temperature seems to continue from flower bud formation stage to pollen mother cell initiation stage.

3. Concerning to the sensitivity to low temperature, there were varietal differences between varieties suitable for full ripeness harvest and fowarding.

4. The repetion of dry and wet soil condition or high nitrogen fertilization during high temperature nursery period caused to induce pitted fruit formation.

5. Under hydroponic culture at nursery stage, calciun shortage, low nitrogen density and high ammonium nitrogen ratio of the culture solution caused to induce pitted furit formation.

6. Spray of growth regulator substance 4－CPA to plant influenced pitted fruit formation. The frequency of pitted fruit formation depends on solution concentration.

7. Over nourishment of frower bud increases flower and ovary number and induces pitted fruit formation. But pitted fruit formation during high temperature nursery period did not follow the increase of flower or ovary number.

Bull. Tochigi Agr. Exp.
Stn. No.40 : 13～28 (1993)