加工用トマトの雌ずい及び花粉の受精能力について

高橋敏秋・竹田　義*

信州大学農学部　蔬菜・花卉園芸学研究室

I　緒　　論

加工用トマトの栽培は昭和40年以降急激に増大し，使用される品種も加工用専用種の無支柱心止まり品種が大半を占めている。生果用トマトの１本仕立てと異なり，主枝が４～５段花房で心止まりとなり，葉えきから発生する側枝を有効に利用して収量を得ている。しかしながら，側枝の過繁茂や開花期の集中及び開花期間の問題等有支柱トマトにみられない問題がある。とくに，開花盛期に多数の花房の花が開花し，栄養問題や環境条件などにより素質の悪い花が多数着生し，落花するものが多い。

本研究は加工用トマトについて，雌ずい及び花粉の発育ステージ別に受精能力を測定し，果実の肥大に及ぼす影響を検討するために行ったものである。

II　実験材料及び方法

実験は1978年４月から９月にわたり，信州大学農学部実験ほ場で行った。使用した品種は丸型果形の早生ダルマである。４月５日，ペーパーポット（5cm×5cm，104穴）には種し，無加温ガラス室内にトンネルを設けて育苗した。その後，ガラス室内に移植し，５月23日に本畑に定植した。栽植距離は1.8m×0.6mとし，黒色ポリエチレンフィルムでマルチした。床土及び本畑の施肥，並びに薬剤散布等の栽培管理は慣行法に従った。

1　雌ずい及び花粉の受精能力

a　雌ずい　　雌ずいの発育ステージ別の受精能力を検討するため，開花の３日前から７日後に相当する雌ずいに人工受粉を行い，着果率を調査した。自家受粉を防止するため，それぞれのステージについて約20花を開花３日前に除雄し，袋かけを行って隔離した。各ステージに相当する日に，当日開花状態にある花から花粉を採取して受粉した。受粉後は再び袋かけを行った。花器の発育ステージの判定は，実験に先立って撮影した第１図に示す花器の追跡写真を基準として行った。処理の対象は，主枝の第２花房よりの上段の花房と，第１側枝の各花房の１番花から４番花までとした。処理花は１花房につき１花とし，花房内の他の花は摘除した。

受精能力は着果率で示し，受粉後２週間で果径が１cm以上に肥大したものを受精として

---

* 現京都府農業研究所丹後分場砂丘試験場

1981年４月28日受付

あつかった。

b　花粉　　第1図に示したステージ1，3，4，6，8，10及び11から採取した花粉の発芽率を調査した。各ステージの花は数個体から採取した約20花で，花粉をシャーレに集め，十分混合したのち人工培地で発芽させた。培地の組成は寒天1％，ショ糖5％，ホウ酸100 ppm とし，ホールスライドを使用して，28°C の恒温器中で1時間～1時間30分培養した。発芽率は各ステージについて約800粒，2反復して求めた。

第1表　培地の寒天，ショ糖及びホウ酸濃度が花粉の発芽率に及ぼす影響

	寒天 %	ショ糖 %	ホウ酸 ppm	花粉発芽率 % 1	2	平均
a	1	5	100	60.3	56.4	58.4
b	1	5	200	51.7	46.0	48.9
c	1	10	100	52.1	64.2	58.2
d	1	10	200	27.2	27.3	27.3
e	2	5	100	29.8	27.1	28.5
f	2	5	200	59.7	71.0	65.4
g	2	10	100	16.3	19.1	17.7
h	2	10	200	13.4	53.0	33.2

培地の決定は第1表に示したように永井[3]の実験結果を参考にして，寒天，ショ糖及びホウ酸を各種濃度で組み合せた培地を作り，予備実験として発芽率を調査したが，培地による明らかな差が認められず，表に示したa培地を使用した。培養時間が2時間では花粉管の伸長が旺盛で計測に困難であるため，本実験では1時間～1時間30分とした。

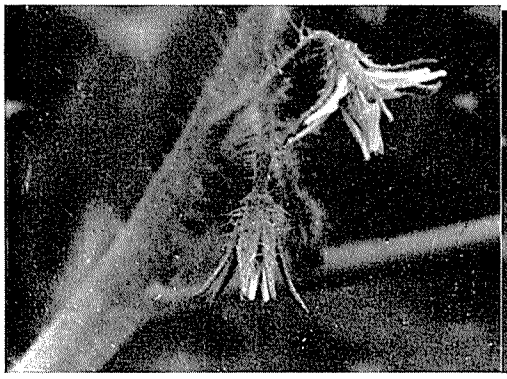
2　雌ずいの発育ステージ別の人工受粉が果実の性状に及ぼす影響

受粉時の雌ずいの発育ステージによって果実にいかなる影響を与えるかを検討するため，ステージ別に人工受粉した果実を開花後45日に収穫し，花柄部の着生強度，果重，種子数及び果径について調査した。調査果数はステージ別に10果とし，着果数が10果以上のステージではランダムに10果を選択し，10果に満たなかったステージでは全果の平均で求めた。

Ⅲ　実験結果

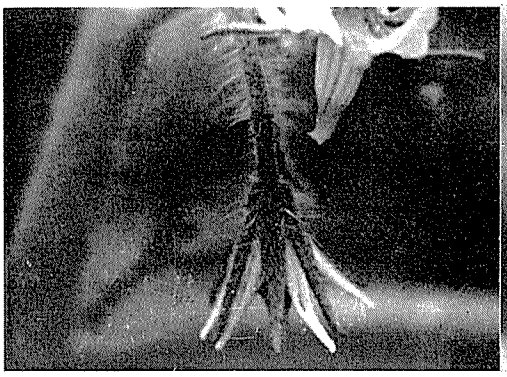
1　雌ずい及び花粉の受精能力

a　雌ずい　　本実験では花弁が完全に反転した状態（ステージ4）を開花としてあつかった。その結果，第2図にみられるように，開花日の翌日に受粉したものが19花中18花着果し，着果率が最も高くなった。着果は開花3日前から認められたが，2日前に急激に高くなり，開花3日後まで80～90％となった。しかし4日後からは低下して50％程度となり，6日後では全く着果しなかった。開花4日前は調査していないが図から判断して受精能力はないと考えられる。



ステージ　1（6月19日）

ステージ　2（6月20日）

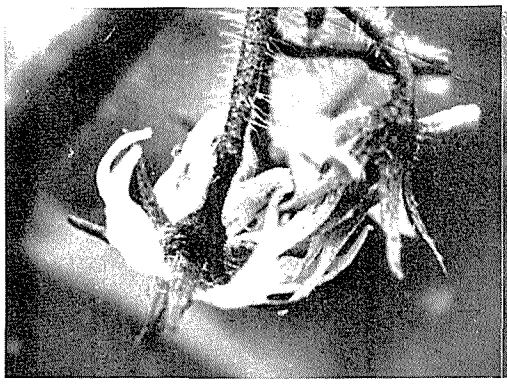


ステージ　3（6月21日）

ステージ　4

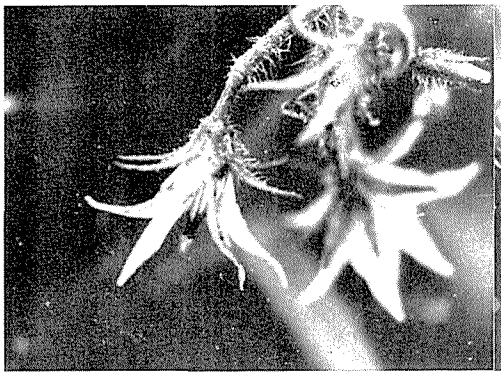
ステージ　5（6月23日）

ステージ　6（6月24日）

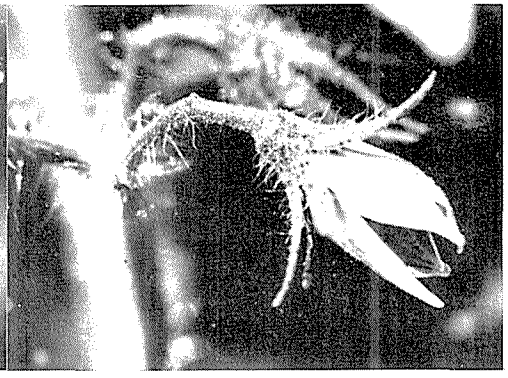


ステージ　7（6月25日）

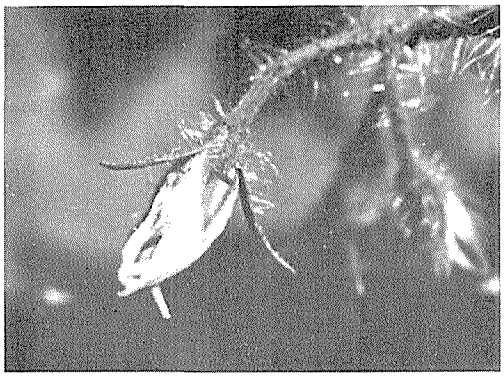
ステージ　8（6月26日）



ステージ　9（6月27日）



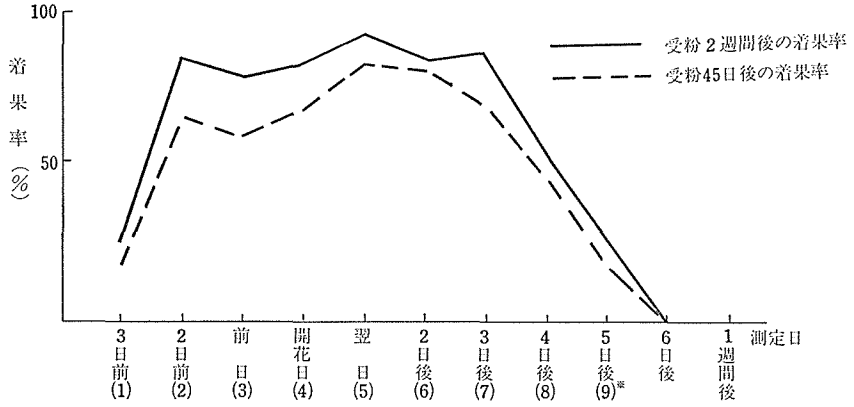
ステージ　10



ステージ　11

第1図　花器の発育ステージ

注（6月19日から27日まで同一の花を撮影したが，ステージ4の6月24日は風雨のため，別の日に4に相当する花を撮影した。ステージ10及び11は花粉の発芽保持期間を調べるために参考とした。）ステージ4を開花とした。



第２図　花器の発育ステージ別の受粉が着果率に及ぼす影響
*（　）内は第１図に示すステージナンバーを示す

第２表　花器の発育ステージ別の受粉が着果数及び収穫果数に及ぼす影響

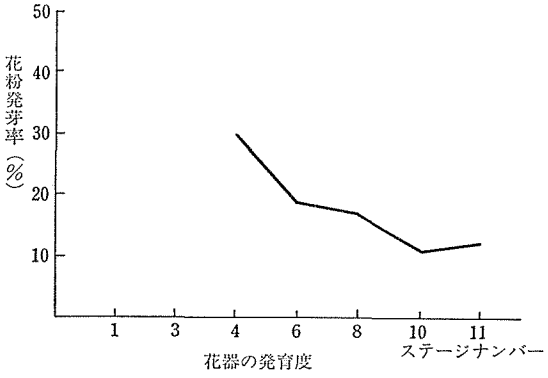
授粉ステージ	開花3日前	2日前	前日	開花日	翌日	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	1週間後
除雄花数(A)	24	23	25	22	20	23	20	20	27	22	25
受粉花数(B)	24	21	25	19	19	22	17	15	15	7	6
B/A　%	100	91	100	86	95	96	85	75	56	32	24
着果数*	6	18	20	16	18	19	15	8	4	0	0
収穫果数**	4	14	15	13	16	18	12	7	0	0	0

*　開花後10日　　**　開花後45日

着果率が低下しはじめた開花後４日頃からは，受粉時にすでに柱頭が褐変しているものが発現し，花柱の脱落した花も増加した。第２表に示した受粉花数/除雄花数の百分率はこれを示しており，処理上のミスも若干含まれるが，開花後４日から除々に減少し，１週間後には，除雄した花のなかで受粉の際花柱の存在していたのは約1/5であった。

受粉後45日に果実の肥大を測定するため，再度着果率を調査したが，いずれのステージにおいても10日後に調査した値より低下しており，その低下の割合は開花前に受粉したものの方が大であった。

b　花粉　ステージ１及び３の状態の蕾では，まだ開やくせず，花粉は粘性を帯びた状態であり，採取困難のため調査



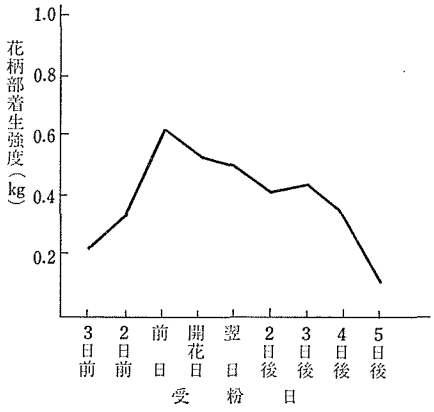
第３図　花器の発育ステージ別花粉発芽率

しなかった。そのため花粉発芽率は第3図に示したように，ステージ4，6，8，10及び11について調査した。発芽率はステージ4が30%で最も高く，その後ステージが進むにつれて低下したが，ステージ10，11はともに10%程度となった。ステージ4の一部には十分開やくしていない花もあったが，一般に花粉はよく乾燥し，飛散性も良好であった。ステージ6及び8はやく筒と花弁が，がくから簡単に脱落する状態で，ステージ10では発芽床に置床後，吸水していない花粉が多かった。ステージ11では花弁は大半しおれており，花粉は再び湿気をおびて塊状になる傾向がみられた。

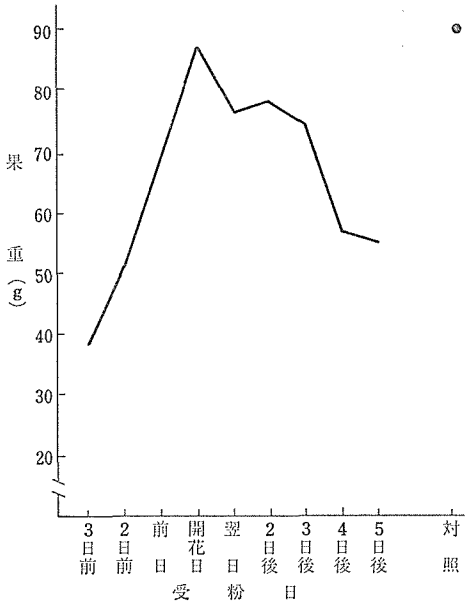
2　雌ずいの発育ステージ別の人工受粉が果実の性状に及ぼす影響

花柄部の着生強度　開花3日前から5日後までに受粉した9処理の果実の花柄着生強度は第4図に示したとおりである。着生強度は開花前日のものが最も高くなり，開花後日数が経過するに伴い減少の傾向をみせているが，個体間の変異が大きく，有意差は認められなかった。

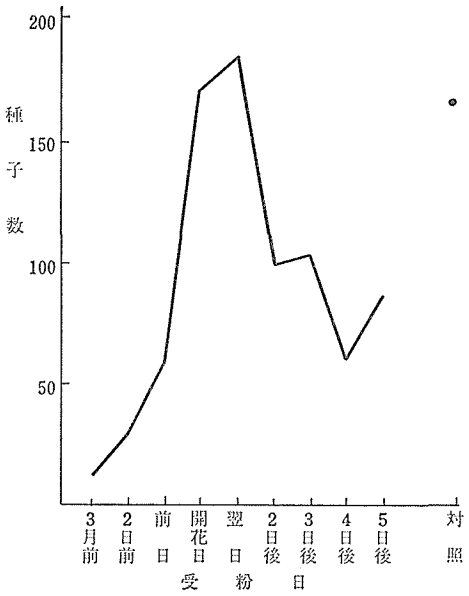
果重　果重，種子数及び果径については対照を設けた。対照果実は自然に受粉した果実を任意の花房から採取し，10果の平均であらわした。果重は第5図に示したように，開花日に受粉したものが87gと最も重く，対照の89gとほとんどかわらなかった。また開花翌日から3日後までは74～78gであり，この範囲内の受粉であれば対照との間に有意な差はみられなかった。しかし，開花前の雌ずいの若い時に受粉したものほど果実が小さくなる傾向があった。開花前2日及び3日と，開花後4日及び5日に受粉したものではいずれも果重に有意差はなかった。しかし，前の二者と後の二者の間では1%レベルで有意差が認められた。肥大の不良な果実においても着色が認められたが，開花後5日に受粉したものは着色が著しく不



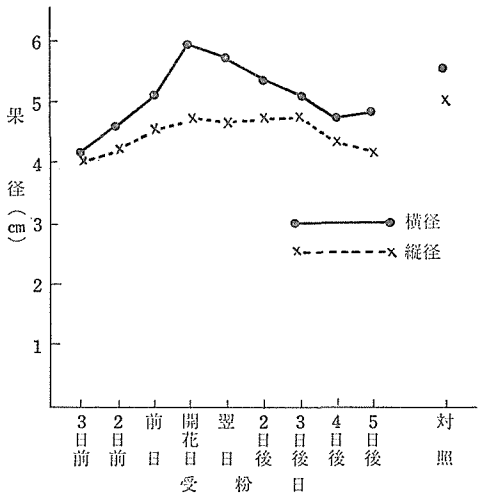
第4図　受粉日の相違が花柄部着生強度に及ぼす影響



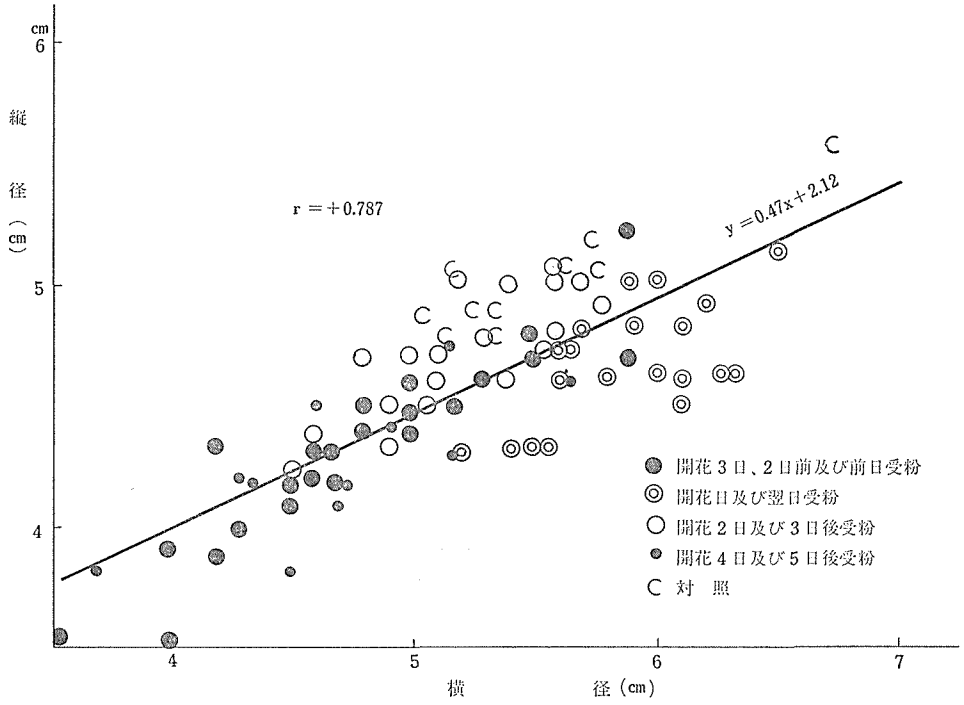
第5図　受粉日の相違が果重に及ぼす影響



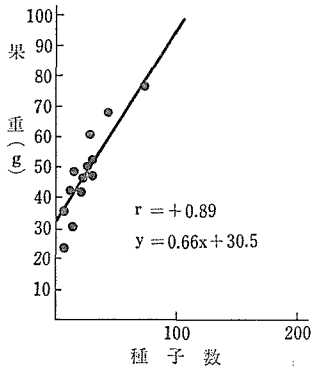
第6図　受粉日の相違が種子数に及ぼす影響



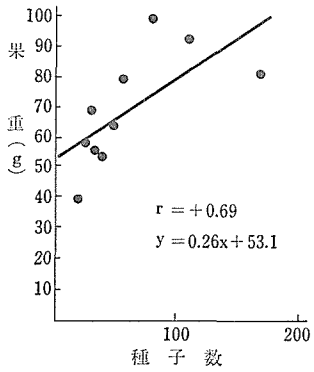
第7図　受粉日の相違が果径に及ぼす影響



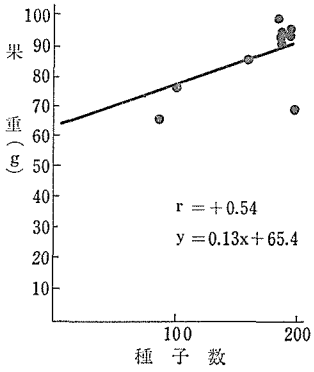
第8図　受粉日別の果実の横径と縦径の相関関係



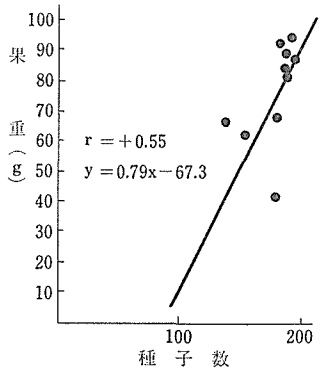
(1)　開花 3 日前及び 2 日前受粉



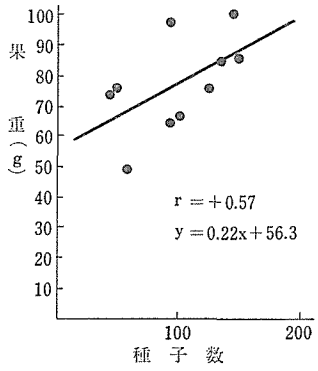
(2)　開花前日受粉



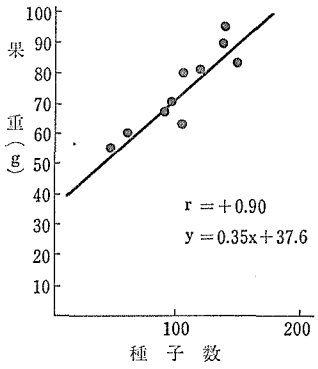
(3)開花日受粉



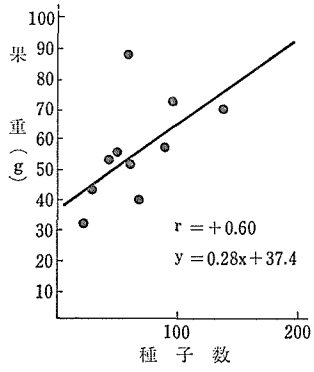
(4)　開花翌日受粉



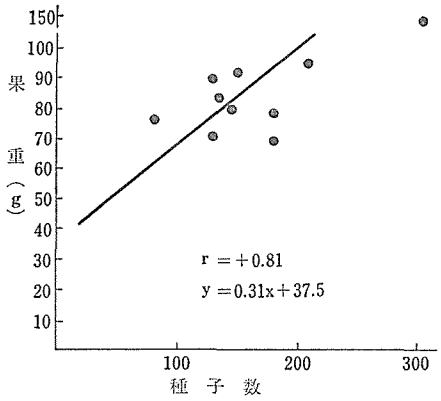
(5)　開花 2 日後受粉



(6)　開花 3 日後受粉



(7)　開花 4 日後及び 5 日後受粉



(8)　対　　照

第 9 図　受粉日別の果重と種子数の相関関係

良となり，着果した3果のうち，2果は収穫時においても緑果の状態であった。

種子数　果実内種子数について調査したのが第6図である。開花日に受粉したものは170粒，翌日受粉したものは180粒で，対照の自然受粉の164粒よりも多かったが有意な差ではなかった。他のステージの受粉はこれら3処理に比べ，種子数は非常に少なく，とくに開花後よりも開花前受粉で著しく減少した。とくに開花前日と開花日に受粉したものでは1日の差で100粒以上の差が生じた。

果径　果径は横径と縦径について調査し，第7図に示した。横径では，開花日受粉の果実は5.95cmと最も大きく，対照の5.48cmよりも有意に大きくなった。開花前日，翌日，2日後及び3日後に受粉したものは対照と有意差はなく，いずれも5cm以上の横径であった。縦径は，開花前日受粉から開花後3日受粉までの5ステージではほとんど差は認められず，これらの前後それぞれ2ステージはやや小さくなった。すなわち最小4cmから最大4.7cmであったが，果実の変異が小さいために両者の間に有意差が認められた。

横径と縦径の間には第8図に示したように $r=+0.787$ という高い相関関係が認められ，回帰直線式は $y=0.47x+2.12$ と計算された。相関関係は開花前に受粉したものほど高くなった。対照の果実はすべて回帰直線の上部に分布し，受粉によって果実が扁平になることが観察された。

果重と種子数との関係　果重と種子数の間には全ステージ合計で $r=+0.765$ という高い相関関係のあることが認められた。相関関係を，さらに雌ずいの発育ステージ別に，開花3日前と2日前，開花前日，開花日，開花翌日，2日後，3日後及び4日後と5日後の7段階に分け，これと対照についても計算して図示したのが第9図である。いずれの段階についても相関関係が認められたが，開花日受粉では $r=+0.54$ で最も低く，ついで開花翌日受粉が $r=+0.55$ となり，開花頃に受粉した種子数の多い果実で，果重と種子数との相関が比較的低いことが確認された。また開花3日前と2日前に受粉したものでは $y=0.66x+30.5$ という回帰直線式が得られ，種子1粒当りに対する果重の増加分は0.66gと計算された。これは開花翌日受粉の0.79gを例外とすると最も大きく，雌ずいのステージが開花に近づくにしたがってこの数値は小さくなった。開花2日後受粉以後のものは相関係数に相違はあったが，回帰直線は似ており，果重に対する種子1粒当りの重要性はかわらないことを示している。対照の相関係数は $r=+0.81$，回帰直線式は $y=0.31x+37.5$ であった。

Ⅳ 考　　察

雌ずいの受精能力は開花3日前から開花5日後の9日間保持することが認められた。受精能力と花器の発育との関係をみると，がくが展開するまでは受精能力がなく，花弁が基部で約30～40°展開する開花2日前に高くなり，着果率からは開花3日後までの6日間は受精能力はほとんどかわらないことが本研究で判明した。トマトの雌ずいの受精可能な期間は，一般に開花2日前から開花後4日までとされており，本実験における加工用トマトの果実の肥大の面からみた場合の受精能力保持期間と一致している。しかしながら，種子数について考えると，対照と差がないのは開花日とその翌日に受粉したもののみで，実質的な受精能力の高い期間はそれより範囲が狭いことが考えられる。Cochran[1] はナス科そ菜であるピーマ

ンを用いた研究で，柱頭の受精能力は開花時に最も高く，また受精能力保持期間は開花時の温度によって変化し，22°Cで4日間，17°Cでは5日間であると報告している。本実験は6月下旬に行ったものであるが，7月，8月の高温期においては，トマトについても受精能力保持期間は短くなることが推察される。

開やくは花弁が反転する時期に行われ，花粉発芽率は開やく時に最高となり，その後ステージが進行するにしたがって発芽率が低下したが，開花1週間後になって，やく筒がすでに褐変する状態となっても，なお，発芽能力があり，雌ずいの受精能力がなくなってからもかなりの期間，花粉は発芽力を有することが判明した。

雌ずいの発育ステージ別受粉は，その後の果実の発育にも影響を及ぼした。果実及び果径では開花日から開花3日後までの4日間，種子数では開花日と開花翌日に受粉したものが対照と差がなく，これら以外のステージに受粉したものは，果重，果径及び種子数のいずれもが小さくなった。雌ずいの受精能力が開花日と開花翌日の2日間にとくに高くなることは，開やくが開花日に行われ，また花粉の発芽率もその時点で最も高くなることからも肯定できるものである。

果重と種子数の間には，いずれのステージに受粉したものでも相関が認められた。相関係数は，種子を多く含有する果実のほうが低かった。また，種子数の少ない時には回帰係数が高くなることから，ある程度の種子数（約100粒）までは種子数の増加によって，果重も規則正しく増加するが，それ以上の種子になると果重の増加に対する影響は小さくなることが推察される。果重と種子数に相関のあることは多くの果実で認められており，トマトについて岩堀ら[2]は，有支柱品種の福寿2号を用いて，$r=+0.873$，$y=0.31x+38$ なる値を見いだしている。本研究における対照の $r=+0.81$，$y=0.31x+37.5$ と非常によく一致するものであり，このことはトマトの品種による有支柱，無支柱，果重及び種子数等に差があるとしても，種子1粒当りに対する果実重量はかわらないことを示していると考えられる。さらに受粉することによって果実が扁平になり，この傾向は種子数の多い果実で著しいことが本実験により判明した。受粉の効果について，Cochran[1] はピーマンで人工受粉した場合，自然受粉より種子数は減少すると報告し，また Verkerk[4] はトマトに人工受粉すると，果重は自然受粉に比べて小さくなるが，受粉を何回も行うことにより自然受粉のものに近づくと報告している。しかし，いずれの場合においても人工受粉した場合には着果率は劣るといわれている。本実験では1回の受粉で，雌ずいの発育ステージにより自然受粉の果実とほとんどかわらないものがあり，種子数についても多いものがあり，受粉の時期や受粉方法によって自然受粉のものとかわらないものもあることが明らかとなった。

加工用無支柱トマトの場合も生食用有支柱トマトと同じ傾向で雌ずい，花粉の受精能力があることが確認された。

V　摘　　要

加工用トマト品種早生ダルマの雌ずい及び花粉の受精能力保持期間を調査し，さらに雌ずいの発育ステージ別の受粉が果実の性状に及ぼす影響について調査した。

1　花弁が反転した時を開花とすると，雌ずいの受精能力は開花3日前から5日後までの

9日間であった。とくに受精能力の高いのは開花2日前から3日後までの6日間であった。

2　花粉発芽率は開やく時に最も高くなり，その後，日数を経過するにしたがい低下するが，花弁が枯死する頃になっても10%の発芽率を有した。

3　果重は開花日から開花3日後までに受粉したものが70～90gで対照と有意差がなく，開花前の雌ずいの若いステージの時に受粉したものほど小さくなる傾向があった。

4　種子数は，開花日と開花翌日に受粉したものが170粒程度で対照と差がなく，それ以外のステージに受粉した果実は少なかった。

5　果実の横径と縦径の間には $r=+0.787$ で示される高い相関関係があり，また，開花日頃に受粉した果実は扁平になる傾向がみられた。

6　果実と種子数の間には，いずれのステージに受粉した果実においても相関が認められたが，相関係数は開花日頃に受粉したものほど低かった。

引　用　文　献

(1) Cochran, H.L. and A.H. Dempsey. 1966. Stigma structure and period of receptivity in pimentos. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88 : 454–457

(2) 岩堀修一・高橋和彦. 1964. トマトの高温障害に関する研究（第3報）　種々のステージの花蕾に及ぼす高温の影響. 園学雑. 33 : 67–74

(3) 永井正幸. 1975. トマトの空洞果発現に関する研究. 信州大学大学院農学研究科　学位論文

(4) Verkerk. 1957. The pollination of tomatoes. Neth. Jour. Agri. Sci. 5 : 37–54

Studies on the Fertilization Capacity of Stigma and Pollen in Processing Tomatoes

By Toshiaki TAKAHASHI and Tadashi TAKEDA

Laboratry of Olericulture and Floriculture, Fac. Agri., Shinshu Univ.

Summary

The studies were carried out to ascertain the term of stigma and pollen fertilization capacity using the processing tomatoes cv. Wasedaruma. Furthermore, pollination at development stages of stigma was measured as influence of the fruit characters.

1. The fertilization capacity of stigma existed in the period from the 3 day before flowering to the 5 day after flowering, especially, total 6 days from the 2 day before flowering to the 3 day was more susceptible.

2. Coefficient of pollen germination became the highest at dehiscence of anther, and it decreased there-after. However, when petal died out, the coefficient decreased slightly 10 per cent.

3. Weight of pollinated fruit from flowering to the 3 day after flowering was 70-90 gr. as well as the control. The fruit bearing at young stage of stigma was generally smaller.

4. The number of seeds which was obtained from the fruits pollinated at flowering time and the day after flowering were approximately 170 as control, on the other hand, the fruits pollinated at other stigma stages contained less seed.

5. The correlation coefficient between the horizontal and the vertical diameter in fruit was high as $r=0.787$, and the fruit pollinated at flowering day was flat.