培養液中のカリウムおよびカルシウム濃度が トマトの果実内酸含量におよぼす影響

崎 山 亮 三

(東京大学農学部)

R. SAKIYAMA : Influence of potassium and calcium on
acid content of tomato fruits in sand culture

Summary

The effects of two levels each of potassium and calcium in factorial combination on acidity of tomato fruits and leaves were studied, using Fukuju No. 2 variety in sand culture. In the next, a study was made to investigate whether acidity of fruits was affected by the restraining of potassium supply for the different stages of growth period.

1. High level of potassium in the solution induced the increase of the titratable, total and combined acidities, and potassium content in the water extract of whole fruits. On the other hand, high level of calcium decreased the titratable, total and combined acidities, and potassium content, only when combined with high level of potassium. The effect of calcium was less than that of potassium. The titratable acidity made up about 60% of total acidity, regardless of potassium or calcium treatments. In case the fruits were separated into gelatinous pulp and outer wall, acidities and potassium content in both tissues were affected similarly to those in whole fruits by these treatments.

2. Period between the flowering stage of the first truss and the coloring stage of the sixth truss was divided into two parts, at the flowering stage of the sixth truss. When potassium level in the solution was lowered during the period between the flowering stage of the first truss and that of the sixth truss, reduction of the titratable, total and combined acidities was induced in the fruits on the second to the sixth trusses. In case that potassium supply was withheld after the flowering stage of

the sixth truss, the acidities of fruits on the third to the sixth trusses were significantly decreased.

Accordingly, the acidities of fruits were affected by the potassium level in the solution for almost all their developmental stages, except for the fruits on the first truss which had higher acidities and showed no differences of acidities by the treatments.

Moreover, decreased acidities were accompanied by the lower contents of potassium in fruits.

Titratable and total acidities in fruits were very closely correlated with the potassium content, with correlation coefficients +0.91 and +0.96, respectively. They were also correlated with combined acidity, correlation coefficients being +0.92 and +0.97, respectively.

3. In tomato leaves, content of malic acid was 2~3 times as high as that of citric acid, contrary to fruits in which citric acid was a major organic acid. High level of potassium in the solution increased the titratable, total and combined acidities in the young leaves, while it decreased these acidities in the old leaves. High level of calcium tended to decrease the titratable, total and combined acidities in leaves of both ages, but much more in the old leaves. The changes of malic and citric acid contents induced by potassium or calcium treatments were similar to that of the total acidity. The titratable acidity made up about 16% of total acidity in the young leaves, and about 10% in the old, irrespective of the treatments.

I. 緒 言

トマト果実中の陽イオンの中ではKは重要な成分であり、全体の 80~90% を占めることが報告^(4,9,22) されている。一方Kを施肥すると、トマト果実の遊離酸含量を高めることが報告^(4,9,19) されており、BRADLEY⁽⁴⁾ および DAVIES⁽⁹⁾ はK施肥が遊離酸のみならず全酸、結合酸、Kの含量をも増加させることを報じ、DAVIES⁽⁹⁾ は

1965年12月23日受理

さらに果実のK含量と全酸あるいは遊離酸との間に高い正の相関係数を得ている。

一方葉および幼果についての報告⁽²⁾によれば、K含量の低下はCa含量の増加を伴い、両者のイオン間に相互作用が働いていると考えられている。

そこで、Kのトマト果実内酸含量におよぼす影響を調べるために培養液中のK濃度を変えて砂耕した。その際Kの効果をCaがどの程度変えるかをみるため、Ca濃

度の影響も調査した。また最初の実験でKの顕著な効果が示されたので、第1果房の開花から第6果房の収穫までの期間を2分し、それらの時期におけるK濃度が果房位の異なる果実の酸含量にどのように影響するかを調べた。

本研究は杉山直義教授のご指導のもとに行なわれた。ここに厚くお礼申し上げます。

II. KおよびCa濃度の影響

1. 果実内酸含量に対する影響

(1) 材料および方法

1963年3月1日、トマト「福寿2号」を床土にまき、4月23日に1/2,000アールのワグナーポットに移植して砂耕した。移植1週間後より第1表に示した処理を始

Table 1. Composition of nutrient solutions.

Salts	Nutrient solutions			
	High (117 ppm) K		Low (20 ppm) K	
	High (200 ppm) Ca	Low (60 ppm) Ca	High (200 ppm) Ca	Low (60 ppm) Ca
KNO ₃	2 mM/l	2 mM/l	0.5 mM/l	0.5 mM/l
KCl	1	1	—	—
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	4	1.5	4	1.5
CaCl ₂ ·2H ₂ O	1	—	1	—
NaNO ₃	—	5	1.5	6.5
NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O	2	2	2	2
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2	2	2	2

All solutions received the supplementary micro-nutrient solution.

めた。K濃度は高(117 ppm)、低(20 ppm)の2段階、Ca濃度は(200 ppm)、低(60 ppm)の2段階とし、組み合わせで4区を設けた。各区5ポットで各ポット1株ずつとした。培養液は0.8 ppmのK、22 ppmのCaを含有する水道水で希釈し、pHはほぼ6に調節した。培養液は1週間ごとに更新し、また毎日午前8時と午後3時の2回自動的に灌液した⁽²¹⁾。

調査果は第4、5果房より着色後2～3日目のものを各処理区とも10果ずつ採った。分析は前報に述べた方法⁽²²⁾により、全果、ゼラチン状組織子房壁の水抽出液について遊離酸、全酸、結合酸、K、Ca含量を定量した。

(2) 結果

各処理の結果を果実の部位別に示し、第2表にあげた。まず遊離酸についてみると、ゼラチン状組織と子房壁のいずれの部位でもK処理の影響を明らかに示し、K濃度の高い区は低い区よりも含量が高かった。一方Caの影響はK濃度の高低によつて異なり、K濃度の高い処理の場合にはCa濃度を高めると遊離酸含量を顕著に減少させたが、低いK濃度の場合にはCa濃度を変えても影響は

わずかだった。

全酸および結合酸に対しても培養液中のKあるいはCa濃度は遊離酸に対すると同様な影響を与えた。しかし遊離酸の全酸中に占める割合は処理の影響を受けず、ほぼ一定していた。

果実内K含量は処理したK濃度の影響を反映し、K濃度の高い区は低い区より高かった。Ca濃度の影響はK濃度の高低により異なり、K濃度の高い場合にはCa濃度を高くすると、K含量は減少し、K濃度が低い場合には逆に増加した。陽イオン含量は結合酸含量と等しいと考えられるのでKの全陽イオン中に占める割合をK/結合酸によつて示したが、その割合はK濃度の高い区の方が低い区よりも高かった。Ca処理の影響はK濃度の高

低によつて違い、K濃度の高い区ではCa濃度を変えてもその影響は小さかったが、K濃度が低い場合にはCa濃度を高くすると、Kの割合は顕著に高くなつた。Ca含量は果実から水抽出された

ものの値だが、K濃度の高い区は低い区より高かった。Ca処理の影響はK濃度の高い区でみられたが、低い区では明らかでなかった。

2. 葉内酸含量に対する影響

果実内酸は果実それ自身の中で生成されるのか、それとも葉で生成されたものが転流して果実で蓄積するのであるか、という点についてはほとんど知られていない。そこで葉の有機酸を調べ、また培養中のKおよびCa濃度の葉内酸含量に対する影響も調べた。

(1) 材料および方法

1963年9月2日にトマト「福寿2号」を1/2,000アールのワグナーポットで砂耕を始めた。培養液は第1表のものを用い、発芽直後よりK、Ca濃度について4処理区を設けた。各区2ポットでポット5株とした。10月21日に12～13葉展開した植物体を各ポットより3株ずつ収穫してポットごとにまとめ、上方の葉より数えて完全展開した第3葉目と第8葉目の葉身を別々に集め、80%エタノールに浸漬し、-20℃に保存した。これを80%エタノールで抽出し、酸、K、Naなどについて分析した。酸の中和滴定はpH 8.2を終点とし、またタ

Table 2. Influence of K and Ca treatments on acidities and contents of K and Ca of tomato fruits. 1963.

Treatments	Total acidity	Titratable acidity	Combined acidity	Titratable Total	K	Ca	K Combined acidity
	(me per 100 g fresh weight)			(%)	(me per 100 g fresh weight)		(%)
Outer wall							
High K high Ca	7.32	3.56	3.76	48.6	3.79	0.30	102
High K low Ca	8.54	4.26	4.28	48.7	3.92	0.36	91
Low K high Ca	6.19	3.04	3.15	51.9	2.65	0.23	90
Low K low Ca	6.25	3.38	2.87	53.8	2.22	0.20	77
Gelatinous pulp							
High K high Ca	13.5	8.97	4.53	66.1	4.50	0.59	101
High K low Ca	15.1	9.96	5.14	65.8	4.85	0.43	98
Low K high Ca	11.8	7.64	4.16	64.9	3.03	0.30	74
Low K low Ca	11.2	7.14	4.06	63.7	2.46	0.48	61
Whole fruit							
High K high Ca	9.61	5.46	4.15	56.6	4.11	0.36	112
High K low Ca	10.61	6.45	4.16	60.6	4.40	0.27	105
Low K high Ca	7.97	4.70	3.27	58.8	2.88	0.31	92
Low K low Ca	7.54	4.44	3.10	58.9	2.47	0.31	81

Analysis of variances

K	**	**	**	—	**	**	**
Ca	—	—	—	—	—	—	—
Fruit part	**	**	**	**	**	**	**
K × Ca	*	*	*	—	**	**	—
K × Part	—	—	—	—	—	*	**
Ca × Part	—	—	—	—	—	—	—
K × Ca × Part	—	—	—	—	—	**	—

* Significant at 5% level, ** at 1% level.

エン酸とリンゴ酸を BULEN ら⁽⁵⁾の方法により分別定量した。

(2) 結果

分析結果を第3表にあげたが、葉の成分は果実のものにくらべて異なる点があった。まず葉の酸の8~9割は

中和されており、有機酸については果実とは逆にリンゴ酸がクエン酸よりも多く含まれていた。またKは若い葉では陽イオンの主要な部分を占めていたが、古い葉になると、Kの重要性はきわめて低くなり、その代りに Na などのイオンが増加していた。

Table 3. Influence of K and Ca treatments on acidities and contents of malic acid, citric acid, K, and Na of leaves from tomato plants with 12-13 expanded leaves. 1963.

Treatments	Total acidity	Titratable acidity	Combined acidity	Titratable Total	Malic acid	Citric acid	K	Na
	(me per 100 g fresh weight)			(%)	(me per 100 g fresh weight)			
3rd leaf below the tip								
High K high Ca	13.1	2.12	11.0	16.1	2.39	1.15	11.3	0.25
High K low Ca	14.3	2.29	12.0	16.1	2.86	1.72	12.4	0.37
Low K high Ca	11.5	1.86	9.6	16.1	3.01	0.84	8.1	0.55
Low K low Ca	11.9	1.83	10.1	15.5	2.72	1.16	8.4	1.23
8th leaf below the tip								
High K high Ca	13.8	1.13	12.7	8.2	3.16	1.40	8.1	1.42
High K low Ca	15.6	1.62	14.0	10.4	6.89	2.40	10.3	2.06
Low K high Ca	17.9	1.92	16.0	10.8	6.17	1.81	5.0	1.81
Low K low Ca	24.0	1.69	22.3	7.8	9.90	3.15	4.9	3.15

培養液中のKおよびCaの濃度の影響は葉の令によって様相を異にした。比較的新しい第3葉ではK濃度を高めると遊離酸、全酸、結合酸含量が増加し、一方Ca処理の影響は明らかでなかった。第8葉ではK濃度を高めると、第3葉の場合とは逆に各酸含量を低くした。またCa濃度を高めると、各酸含量とも顕著に減少した。しかし遊離酸の全酸中に占める割合はいずれの葉位でもKやCaの処理によってあまり変化しなかった。

リンゴ酸は第3葉ではK、Ca濃度により明らかな変化を示さなかった。ただ第8葉ではK濃度、あるいはCa濃度を高めると減少することがみられた。クエン酸は第3葉でKは濃度を高めると増加し、Ca濃度を高めると減少した。また第8葉ではKあるいはCa濃度を高めると減少した。

Kの含量は両葉位ともKの処理濃度を反映して変化し、またCa処理はK濃度が高い場合にのみ影響し、Ca濃度を高めるとK含量は減少した。Na含量はK含量と反対の変化を示し、特に第8葉ではK濃度を低くすると葉内のNaや他の陽イオンがKの減少量以上に増加して、全陽イオン含量は非常に高くなり、K濃度の高い処理区の値をはるかに越えたものとなった。

III. K施用の時期が果実内酸含量に及ぼす影響

1. 材料および方法

トマト「福寿2号」を1964年2月20日に1/2,000フルのワグナーポットの川砂にまき、完全培養液で育苗した。第1果房開花後4日目の4月8日より第6果房開花開始の5月16日までを前期とし、以後7月4日に第6果房の果実を収穫して実験を終了するまでを後期とし、それぞれの時期のK濃度レベルを変えた。まず前期の処理としては、第1表に示したK濃度の高い(117 ppm)区(H)と低い(20 ppm)区(L)の2区をつくり後期の処理はK濃度の高い(117 ppm)区(H)と欠乏(0 ppm)区(Lo)の2区とし、両者を組み合わせたL→Lo, L→H, H→Lo, H→Hの4つの処理区を設けた。各区とも4ポット、4株とし、調査果は果頂部が着色を始めた時に採り、酸含量、K、Na含量を求め、各処理区の各果房ごとに平均した。

2. 結果

果実が発育する時期は上位の果房ほど遅れるが、各果房の平均開花日より着色開始までの発育期間を第1図に示した。第1果房はほとんど前期処理期間に発育しており、上位の果房になると後期処理を受ける期間が長くなり、第3果房ではほぼ等しい期間、第6果房では全期間後期処理のもとに発育した。

Fig. 1. Period of the development of fruits from the flowering stage to the turning color stage on the various trusses. The first K treatment was started on April 8, the flowering stage of the first truss, and ended on May 16, the flowering stage of the sixth truss. The second K treatment was started thereafter. Fruits during the hatched period developed under the first K treatment. 1964.

Table 4. Analysis of expanded upper leaves 5 days after the beginning of the second treatment.

Treatment	Dry matter %	N	P	K
		(percent of dry weight)		
L → L ₀	13.7	4.65	0.44	1.82
L → H	13.4	5.05	0.51	2.43
H → L ₀	12.5	4.78	0.50	2.84
H → H	11.3	4.96	0.50	3.69

* Arrow means the change of potassium level in nutrient solution from the first to the second period (cf. Fig. 1). H and L indicate the high and low levels of potassium concentration as shown in Table 1, L₀ non-application of potassium.

後期処理開始後5日目の5月21日に植物体の先端より6枚目の完全展開葉を採り、そのN、P、K含量について分析し、第4表に結果を示した。前期に高いK処理を受けた区は低い濃度の区よりも乾物率が低く、K含量は高かった。一方NとP含量にはほとんど差がなかった。なおK含量には後期のK処理濃度の影響がすでに生じていた。

各処理区の果実は果房別に採取して4ポット分をまとめたが、その際に得た果数ならびに平均果重を第5表に示した。個数はL→L₀の区の第6果房の収穫果数が2

Fig. 2. Effects of the time of K application on (a) the total acidity, (b) the titratable acidity, (c) the combined acidity, (d) K content, and (e) Na content of tomato fruits of each truss 1964. Position numbers of trusses denote ascending order of trusses. Full triangles: L→L₀. Open triangles: L→H. Full circles: H→L₀. Open circles: H→H. (See the footnote of Table 4.)

Table 5. Number and average weight of fruits analysed.

Treatment	Number of fruits						Average weight of fruits (g)					
	Truss position						Truss position					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
L→L ₀	8	10	10	9	7	2	65	73	82	82	74	76
L→H	10	7	8	11	11	5	89	43	80	115	109	108
H→L ₀	6	5	6	12	11	5	83	71	62	88	121	90
H→H	12	12	9	15	12	6	58	78	72	114	105	137

* See the footnote of Table 4.

個であつたほかは 5~12 果を得、また平均果重は 43~137 g の範囲であつた。果重は第 1~3 果房では処理の差が見られず、第 4~6 果房では後期に K 濃度の高い区は低い区にくらべて果重が大きい傾向にあつた。

これらの果実について得られた酸および無機分析結果を果房平均値として第 2 図 a~e に示した。まず遊離酸含量では第 1 果房には処理間に差がなかったが、他の果房にくらべて高い値を示した。第 2 果房になると前期処理の影響が現われ、前期に高い K 濃度の区は低い濃度の区にくらべて高くなつたが、後期処理の影響はまだみられなかった。第 3 果房になると、前期・後期の両処理の影響が生じ、特に後期に欠乏処理を受けた区では非常に大きな減少を示した。第 3 果房以上の果房では遊離酸含量を高い順にならべると、H→H、L→H、H→L₀、L→L₀ 区となつた。

同様な傾向の結果は全酸、結合酸、さらに K 含量の変化についても得られた。一方 Na 含量はこれらの変化と様相を異にし、どの処理区とも上位果房ほど高くなつていた。また後期に低い K 濃度の L→L₀、H→L₀ の 2 区は H→H 区にくらべてどの果房でも 0.1 me 以上高い値を示していたが、L→H 区は両者の中間的な変化を示した。つまり、第 1 果房では前後期とも高い H→H 区に等しく、果房が上になるにつれて次第に後期に低い K 濃度の 2 区の値に近づいて行き、第 5 果房では同じになつた。

さて、酸含量と K 含量の変化はパターンとしてかなりよく一致していたので、全酸および遊離酸含量と K 含量との相関係数ならびに回帰直線を求め第 3 図に示した。いずれの相関も高く、全酸と K では $r=+0.96$ 、遊離酸と K では $+0.91$ であつた。K 含量に対する回帰直線は [全酸] = $2.12[K] + 2.58$ 、[遊離酸] = $1.23[K] + 1.42$ であつた。

ところで K 含量の変化は全陽イオン量に大きく反映するので、全酸および遊離酸含量と結合酸含量との相関を

Fig. 3. Relation between the potassium content and the total and the titratable acidities. 1964. Point represents the average value of each truss in each treatment. Full triangles: L→L₀. Open triangles: L→H. Full circles: H→L₀. Open circles: H→H.

求めて第 4 図に示した。全酸と結合酸との間の相関係数は $r=+0.97$ 、遊離酸と結合酸との間では $r=+0.92$ といういずれも高い値を示した。また回帰直線はそれぞれ [全酸] = $2.31[\text{結合酸}] + 0.19$ 、[遊離酸] = $1.32[\text{結合酸}] + 0.12$ であつた。

IV. 考 察

1. K および Ca 施用の効果

K の供給を高めて栽培した場合にトマト果実の遊離酸^(4,9,19)をはじめ、全酸^(4,8,9)、結合酸^(4,9)が増加するという報告がいくつかあるが、本実験はこれらの報告と同じ結果を示した。一方 Ca の施肥は BRADLEY⁽⁴⁾によれば酸含量に影響しないことが見出されているが、本実験では培養液中の K 濃度が高い場合には Ca 濃度を高めると K の効果と逆に各酸含量を低くするような拮抗的な効果を示した。しかし Ca の影響は K の効果にくらべてかなり小さいものであつた。

K 施肥が遊離酸含量を増加させるという報告はトマト以外にもカンキツ類^(1,11,15,23,24)、リンゴ^(6,10,12,15)、モモ⁽¹⁸⁾、ブドウ⁽¹⁶⁾、オウトウ⁽¹⁷⁾、イチゴ⁽⁷⁾などにおいてなされており、K の効果は各種の果実について一般的に見られるものと考えられた。

ところで培養液中の K 濃度を高めると、果実内 K 含量

Fig. 4. Relation between the combined acidity and the total and the titratable acidities. 1964. Point represents the average value of each truss in each treatment. Full triangles: L→L₀. Open triangles: L→H. Full circles: H→L₀. Open circles: H→H.

も顕著に高くなつたが、DAVIES⁽⁹⁾ は果実内のK含量と遊離酸含量との間に +0.67, K含量と全酸含量との間に +0.93 という高い相関係数を報告し、K施肥の効果が果実内K含量の変化を通して酸含量に及ぼされることを暗示したが、本実験でも同様なことが示され、Kと遊離酸あるいは全酸との間には +0.91, +0.96 という高い相関があつた。

しかし一方で、結合酸含量つまり全陽イオン含量の変化に対しての酸含量の変化も同じく高い相関係数を示した。これはKが全陽イオンの中で高い割合を占めるので、K含量の変動と全陽イオン含量の変動が密接に関連するために生ずるのであるが、遊離酸の結合酸に対する回帰直線が原点の非常に近いところを通り、事実上比例式とみなされる点は興味深い。著者は前報⁽²²⁾ で遊離酸/結合酸の比の対数が pH と高い相関があることを報じたが、上述の回帰直線は両酸の比がほとんど一定であることを意味するので、これらの果実の pH はほとんど一定していると考えられた。それゆえ果汁の pH を変えたり、加工適性の範囲⁽²⁰⁾ に維持しようとする場合などには K 施肥の効果はあまり期待できないのではないかと考えられた。

WILKINSON⁽²⁵⁾ はリンゴで陽イオン中の K 含量の割合が一定であると結論した上で K 含量に対する遊離酸含量

の回帰直線をとつたところ、この直線は原点を通らず、したがって果汁の pH が一定に保たれるという彼の考えと矛盾することを見出した。彼はそこで pH が一定に保たれるという考えの誤りか、陽イオンの中で K の占める割合が一定であるとする彼の結論の誤りかを考察した上で前者を取り、したがって K 含量が高まると pH は多少高めに保たれると考えた。本実験のトマトで K 含量に対する遊離の回帰直線をとつたところ、WILKINSON の求めたものとよく一致し、原点をはずれていた。しかしトマトでは彼のリンゴの場合とは異なり、K の全陽イオン中の割合は第2表に示したように K 含量の増加につれて高くなつた。またこの割合が変化することのために原点を通らなくなつたということは、遊離酸の全陽イオン、つまり結合酸に対する回帰直線をとつた場合、それがほとんど原点を通ることにより明らかであり、pH が K 含量によつて変ると考える必要はなかつた。したがって少くともトマトでは pH を論ずるには K でなく全陽イオンを実測する必要があると思われた。

2. 葉の酸含量

葉の有機酸はリンゴ酸とクエン酸のみを定量したが、JONES⁽¹⁴⁾ によればトマトの葉にはそのほかにシュウ酸、少量のフマル酸、ケト酸類があり、CARANGAL⁽⁸⁾ らによれば酢酸、ギ酸、トランス-アコニット酸の存在も報告されている。

ところで果実の有機酸組成を葉のものと同くらべてみると、果実ではクエン酸がリンゴ酸よりもはるかに多く含まれているが、葉ではむしろリンゴ酸が多くなつていた。ブドウでは果実の有機酸は葉で生成し、転流してきて蓄積するという考え⁽²⁶⁾ があるが、トマトでは葉の有機酸がそのままの形で果実に入り、蓄積するとは考えにくかつた。

3. K 施肥時期の影響

K を与える時期が変わると、果内酸含量は果房によつて大きな影響を受けることが示された。特に本実験では後期の処理として K を与えない極端な処理を行なつたためもあつて上位果房では処理間の差が大きくなつた。しかし前期の処理の影響は第6果房においてもなお見いだされたことは栽培初期の K 施肥の重要性を示していた。また逆に酸含量の完全な回復は期待できなくても、果実の発育が開始されたあとの K 施肥でもかなり効果があつた。これは第6果房開花時に開始した後期の処理の影響が第4果房にも顕著に現われていることによつて示される。

K 施肥の果実内酸含量に対する効果は果実への K 供給を通して行なわれると考えられたが、その場合葉にすで

に含まれているKからの移動もあろう。本実験ではKの全供給量は処理ごとに異なっていたので、処理時期の差の影響と供給量の差の影響とは区別できなかった。

FORSHEY ら⁽¹³⁾は果実の採取日の変化を日長の変化と考え、日長と遊離酸含量との間に直線的な関係を報告したが、トマトでは上の果房ほど成熟が遅いため、採取時期が遅れることになり、したがって採取時期の差は果房の差をも意味する。本実験では果房の差はKの施肥の仕方によつて顕著に生じたが、彼らがこの点を考慮せずに、採取日の差を日長の変化としたことは検討する必要がある。

V. 摘 要

1. トマト「福寿2号」をK, Ca 濃度を変えた培養液で砂耕し、果実と葉の酸含量に対する影響を調査した。またK濃度を時期的に変え、その果房位の異なる果実への影響をみた。

2. K濃度を高くすると、遊離酸、全酸、結合酸含量が増加した。しかし遊離酸の全酸中に占める割合はほぼ一定に保たれた。一方K含量も増加してその全陽イオン中の割合も高まつた。

Ca 濃度を高めると、K濃度の高い区ではKの効果も多少低めるように影響したが、Caの酸含量に対する効果はKの効果にくらべて小さかつた。

3. 葉の酸は大部分結合酸で、有機酸はリンゴ酸がクエン酸よりも多く存在した。培養液のK濃度を高くすると、若い葉では遊離酸、全酸、結合酸含量が増加したが、古い葉では逆に減少した。Kは若い葉では全陽イオンのほとんどすべてを占めたが、古い葉では低い割合を示し、他のNaなどの増加が顕著だつた。

4. 培養液中のK濃度を時期によつて変え、果房位の異なる果実の酸含量に影響が現われた。第1果房開花時より第6果房開花時までのK濃度は第2～第6果房の酸含量に影響し、また第6果房開花後に始めた処理の影響は第3～第6果房にみられた。

各果房の酸含量とK含量とは密接に関係し、Kと遊離酸、全酸との間にそれぞれ0.91, 0.96 また結合酸と遊離酸、全酸との間にもそれぞれ0.92, 0.97の相関係数が得られた。

引 用 文 献

- ANDERSSON, F. G. 1937. Citrus manuring—its effect on cropping and on the composition and keeping quality of oranges. J. Pom. Hort. Sci. 15: 117~159.
- ARNON, D. I. and D. R. HOAGLAND. 1943. Composition of the tomato plant as influenced by nutrient supply, in relation to fruiting. Bot. Gaz. 104: 576~590.
- BARDEN, J. A. and A. H. THOMPSON. 1962. Effects of heavy annual applications of potassium on Red Delicious apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81: 18~25.
- BRADLEY, D. B. 1962. Influence of K, Ca and Mg application on acid content, composition, and yield of tomato fruit. J. Agr. Food Chem. 10: 450~452.
- BULEN, W. A., J. E. VARNER and R. C. BURRELL. 1952. Separation of organic acids from plant tissues. Anal. Chem. 24: 187~190.
- BÜNEMANN, O. 1959. Über Beziehungen zwischen Qualität und Haltbarkeit von Äpfeln in Abhängigkeit vom Mineralstoffgehalt des Bodens und der Blätter. II. Gartenbauwiss. 24: 457~471.
- BÜNEMANN, G. und W. GRUPPE. 1962. Untersuchungen zur mineralischen Ernährung von Erdbeeren. III. Gartenbauwiss. 27: 166~182.
- CARANGAL, A. R., JR., E. K. ALBAN, J. E. VARNER and R. C. BURRELL. 1954. The influence of mineral nutrition on the organic acids of the tomato, *Lycopersicon esculentum*. Plant Physiol. 29: 355~360.
- DAVIES, J. N. 1964. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the non-volatile organic acids of tomato fruit. J. Sci. Food Agr. 15: 665~673.
- EAVES, C. A. and J. S. LEEFE. 1955. The influence of orchard nutrition upon acidity relationship in Cortland apples. J. Hort. Sci. 30: 86~96.
- EMBLETON, W. W. and C. B. CREE. 1956. Influence of application of dolomite, potash, and phosphate on quality, grade, and composition of Valencia orange fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67: 191~201.
- FISHER, E. G. and S. S. KWONG. 1961. The effect of potassium fertilization on fruit quality of the McIntosh apple. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78: 16~23.
- FORSHEY, C. G. and E. K. ALBAN. 1954. Seasonal quality changes in greenhouse tomatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64: 372~378.
- JONES, L. H. Some effects of potassium deficiency on the metabolism of the tomato plant. Can. J. Bot. 39: 593~606.
- JONES, W. W. and E. R. PARKER. 1949. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers and of organic materials on the composition of Washington Navel orange juice. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 53: 91~102.
- 小林 章・細井寅三・尹 宇英・水谷慎作. 1960. 磷酸および加里の施用の時期と濃度がブドウ果実の収量、品質に及ぼす影響. 園学雑. 29: 85~95.
- KWONG, S. S. 1965. Potassium fertilization in

- relation to titratable acids of sweet cherries. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86 : 115~119.
18. ——— and E. G. FISHER. 1962. Potassium effects on titratable acidity and the soluble nitrogenous compounds of Jerseyland peach. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81 : 168~171.
 19. LEE, F. A. and C. B. SAYRE. 1946. Factors affecting the acid and total solids content of tomatoes. N. Y. Sta. Agr. Exp. Sta. (Geneva, N. Y.) Tech. Bull. 278 : 1~28.
 20. LEONARD, S., R. M. PANGBORN and B. S. LUH. 1959. The pH problem in canned tomatoes. Food Tech. 13 : 418~419.
 21. 尾形亮輔. 1964. 自動式の下底灌漑砂耕装置. 農及園. 39 : 841~843.
 22. 崎山亮三. 1965. トマト果実内酸含量の果実発育中における変化. 園学雑. 35 : 36~42.
 23. SMITH, P. F. and G. K. RASMUSSEN. 1959. Relation of potassium nutrition to size and quality of Valencia oranges. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74 : 261~265.
 24. ———, W. REUTHER and G. K. SCUDDER, JR. 1953. Effect of different supplies of nitrogen, potassium, and magnesium on growth and fruiting of young Valencia orange trees in sand culture. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 38~48.
 25. WILKINSON, B. G. 1958. The effect of orchard factors on the chemical composition of apples. II. J. Hort. Sci. 33 : 49~57.
 26. WOLF, J. 196. Der Säurestoffwechsel fleischiger Früchte. Handbuch der Pflanzenphysiologie. XII/2 : 720~808. Springer-Verlag. Berlin.

抄 録

エチレンの作用と果実の成熟

1. エチレンは成熟ホルモンか

エチレンが成熟ホルモンであるかどうかについて、昔から議論されてきた。

ガスクロマトグラフィーによる実験において、呼吸の climacteric に先だつて果実内に組織を刺激するのに十分なエチレンが存在していることが示された。また、果実を減圧下におく実験や、O₂, CO₂, ethylene oxide の種々の濃度にさらす実験から、エチレンが成熟ホルモンであることを示した。

アボカドのように木から取らないと成熟に至らない事実はエチレン含量が不足しているのではなくて、エチレンに対する sensitivity の違いによるものと考えられる。すなわち、エチレンに対する sensitivity を低下させるような何らかの物質が shoot system から送られているものと考えられる。

2. エチレン合成の生化学

penicillium digitatum と apple slice を材料とし、glucose-C¹⁴ を用いて実験した結果、短時間では glucose → pyruvate → acetate → fumarate → ethylene の過程で ethylene が生成されることが示された。

3. エチレンの作用機構

エチレンと同様の作用をもついくつかの物質が pea stem section を用いた生物テストによつて見いだされた。

それらの物質の作用力は ethylene > propylene > vinyl chloride > carbon monoxide > vinyl fluoride > acetylene > allene > methyl acetylene > ethyl acetylene > butadiene > vinyl ethyl ether となつている。

この結果からエチレンの作用を公式化することができる。

(1) すべての活性物質は不飽和である。

(2) 同族物質においては小分子のものは長分子のものに比較して作用力は大きい。

(3) bond order がエチレンに似ているものほど作用力は大きい。

(4) 不飽和連鎖は terminal carbon atom に隣接していなければならない。

(5) 不飽和位置の隣の terminal carbon は positive charge を持っていないにちがいない (ホルムアルデヒドと CO の比較)。

これらの性質は Olefin に対する金属結合の法則とよく一致している。

このことはエチレンが組織中の metal receptor と結びつくことによつて作用することを暗示させる。

(堀内 昭作)

BURG, S. P. and E. A. BURG. 1965.

Ethylene action and the ripening of fruits. Science. 148 : 1190~1196.