加工トマトに関する研究

原料果実の色調に及ぼす諸要因（2）

寺田俊郎※・高橋亮正※

Toshiro TERADA and Akimasa TAKAHASHI

Studies on the Tomatoes for Processing
—Some Factors Influencing on the Fruit Color for Raw Material (2)—

緒　　言

著者らは前報において，加工用原料果実としてすぐれた色調の品種および生産方法を確立する目的で，一連の実験を行ない，2～3の要因について報告した。今回は果実の色調に重要な要因と考えられる土壌条件，とくに肥料要素ならびに地下水位が果実の色調に及ぼす影響について実験を行ない2～3の結果を得たので報告する。

本研究を遂行するに当り絶えず測色について御指導いただいた山形大学農学部教授樋浦博士に対し感謝の意を表する。

実験材料および方法

本実験は1967年および1968年の両年にわたり島根大学農学部付属農場において行なった。

1．肥料要素が果実の色調に及ぼす影響については砂耕栽培法により実験を行なった。砂れきは花崗岩質のものを使用し，肥料は第1表に示した濃度で用い，2千分の1のワグナーポットを使用し，無窒素区・無燐酸区・無加里区・無施肥区・完全肥料区に区分した。品種はH1370，およびchicoを用い，各区それぞれ2本植えとした。

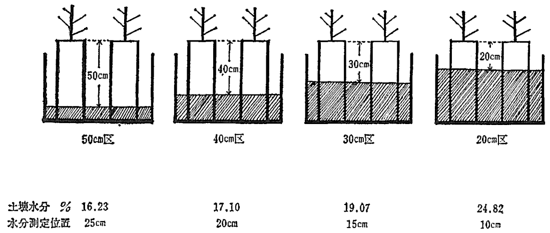
2．1967年の実験：3月28日電熱温床に播種し，5月13日定植，直ちに各区の肥料溶液を1株当り½ l ずつ毎日灌注し，6月13日以降は1株当り1 l ずつ灌注した。測色果実の熟度をそろえるため，6月13日～17日の5日間に開花し着果したものにラベルを付し，7月29日～8月2日の間，熟期は開花後47日のものを収穫した。

3．1968年の実験：4月1日電熱温床に播種，5月15日定植，完全肥料溶液を6月14日まで1株当り½ l ずつ毎日灌注し，植物体の生長をはかり，着果を容易にし，6月15日ワグナーポット上より砂れきをよく洗浄し，その後は各区別の肥料溶液を毎日1 l ずつ灌注した。調査果実は6月15日～19日の5日間に開花し着果したものにラベルを付し，7月31日～8月4日まで，それぞれ熟期開花後47日のものを使用した。

第1表　砂　耕　肥　料　溶　液

－N	$Ca(H_2PO_4)_2$ KCl $CaSo_4$ $MgSO_4 \cdot 7H_2o$ Water	0.10g 0.15g 0.29g 0.26g 1 l	－Mg	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ KH_2PO_4 KNO_3 $NaNO_3$ Water	0.420g 0.100g 0.140g 0.188g 1 l
－P	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ KNO_3 $NaNO_3$ $MaSO_4 \cdot 7H_2O$ Water	0.40g 0.21g 0.16g 0.26g 1 l	Standard	$Ca(No_3)_2 \cdot 4H_2O$ KH_2PO_4 KNO_3 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ Water	0.675g 0.100g 0.140g 0.260g 1 l
－K	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ $Ca(H_2PO_4)_2$ $NaNO_3$ $MgSo_4 \cdot 7H_2O$ Water	0.30g 0.10g 0.40g 0.26g 1 l	O	Water	1 l

※ 付属農場



第1図 地 下 水 位 試 験 区

4．地下水位が果実の色調に及ぼす影響について第1図に示した水槽を用い，特製のポット（2千分の1のワグナーポットと同経とし，深さ60cm，底面有孔のブリキ製のもの）を使用した。土壌は温床床土をよく均一にしたものを用い，第1図のように特製ポットを水槽に入れ，それぞれ20cm区，30cm区，40cm区，50cm区，と4区に区分した。品種はH1370を用い，1967年は5月13日，1968年は5月15日各区2本ずつ定植し，実験を開始し，肥料試験と同じ方法で果実の調査を行なった。

5．測色方法：前報[6]の測色方法を採用した。測色は記憶装置付測色色差計ND-K 5型によった。測色果実は収穫後室内において1日経過させたものについて，果実表面は赤道部，果肉汁については1個体全部の果肉汁を作り，その一部をガラス製容器に入れ測色を行なった。

測色値 L，a，b 値については前報同様に a/b 値，Lb/a 値直角三角形の角θおよび$\sqrt{a^2+b^2}$を計算により求め果実の色調について比較検討を行なった。この数値は色感と高い相関があると報告[3]されている。

6．試験期間の気温の概況：試験期間の気温は第2図に示す通りであった。気候条件はトマト果実の色調に重要な影響を及ぼすので，調査果実の着果数日前より自記温度計を用い気温を記録して調査した。第2図に示されたように1968年の平均気温が1967年に比しやや低温となり，その結果，着果から収穫までの平均気温の積算温度は 1,154°C（1967年）と1,144°C（1968年）となり，1968年の方が10°C 低かった。また第2図で明らかなように全期間通じて最低気温が低かった。

第2表　肥料要素と果実色調の測色値
(1967年)

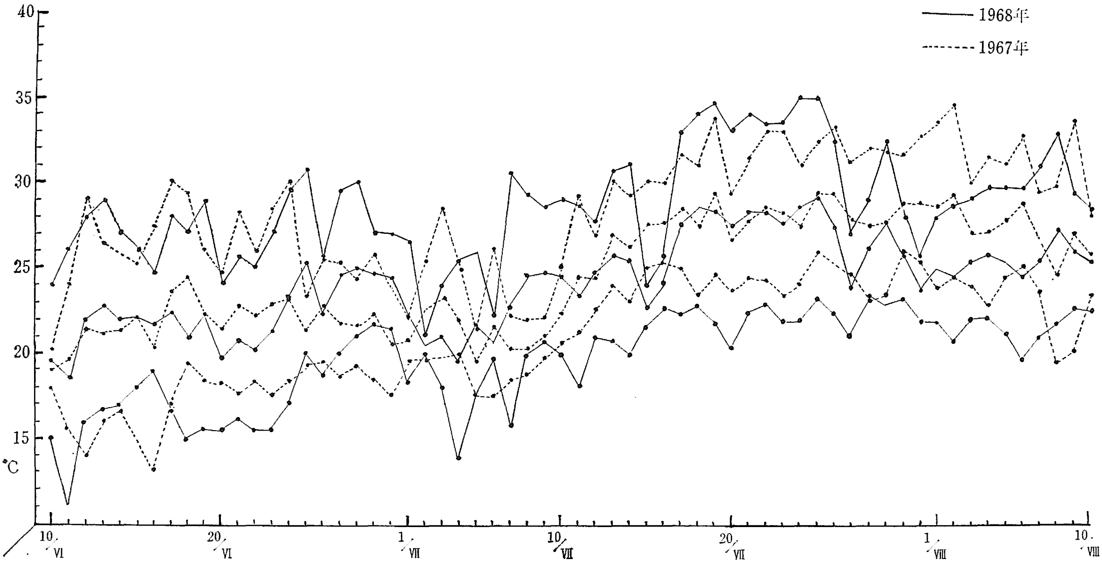
区分	品種	果実表面色 L	a	b	果肉汁色 L	a	b
－ N	H1370	28.5	23.0	13.8	21.7	21.6	8.9
－ P	〃	27.8	18.0	11.7	21.3	18.1	9.5
－ K	〃	29.8	20.4	14.1	22.1	21.8	9.1
－ Mg	〃	29.7	19.4	12.2	20.0	21.3	8.9
O	〃	27.1	19.6	12.3	21.8	21.8	8.9
Standard	〃	29.2	23.4	14.0	21.7	21.6	8.7
－ N	chico	27.6	22.9	13.6	22.8	22.5	9.3
－ P	〃	26.4	17.8	12.5	21.1	20.5	10.2
－ K	〃	28.0	22.6	14.1	21.5	20.6	8.7
－ Mg	〃	29.0	23.1	13.9	21.4	21.1	8.8
O	〃	29.3	19.8	13.4	23.4	22.4	9.5
Standard	〃	26.3	21.5	14.2	22.1	23.1	9.4

(砂耕栽培区6個体平均)

実　験　結　果

I．肥料要素が果実の色調に及ぼす影響

生育状況：1967年，1968年とも生育が正常であった区



第2図　実 験 年 度 の 気 温　(最高，最低，平均)

第3表　肥料要素と果実色調の測色値　(1968)

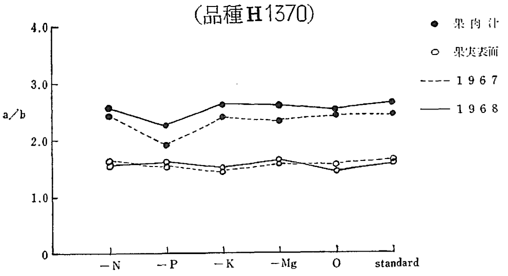
区分	品種	果実表面色			果肉汁色		
		L	a	b	L	a	b
− N	H1370	26.4	23.1	13.9	20.8	22.3	8.6
− P	〃	28.3	19.3	12.0	21.5	18.7	8.3
− K	〃	27.8	21.5	14.3	20.0	21.7	8.3
− Mg	〃	28.5	20.3	12.6	22.3	23.3	8.9
O	〃	28.4	18.9	13.1	21.3	21.4	8.5
Standard	〃	27.6	23.8	14.2	21.2	22.7	8.5
− N	chico	26.6	21.6	12.3	21.8	21.7	8.2
− P	〃	28.0	18.1	12.4	21.3	19.8	8.8
− K	〃	28.6	22.8	12.9	21.7	23.8	8.9
− Mg	〃	28.3	22.0	12.7	20.9	23.4	9.1
O	〃	29.8	20.8	11.9	21.6	23.4	8.8
Standard	〃	28.6	20.1	12.1	20.5	22.8	8.5

(砂耕栽培区6個体平均)

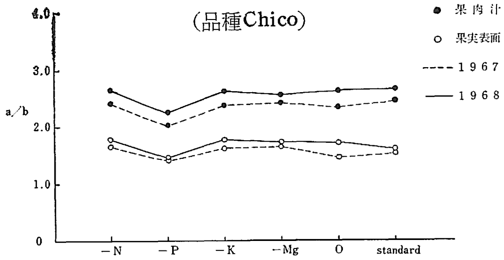
は完全区のみで，無施肥区・無窒素区は茎葉の伸長が衰え，葉は全体が黄化した。無燐酸区の葉は濃緑色となり，頂部の新生部は小さくなり燐酸欠乏の症状を示した。無加里区は，葉が濃色となり下葉の周辺や先端が黄色ないし灰緑色となった。無苦土区は下葉の葉脈の間が黄緑色に褪色し，マグネシウム欠乏症状を呈した。

測色結果：1967年，1968年の実験結果はそれぞれ第2表，第3表に示した通りであった。

第2表，第3表の H1360 および chico 両品種の果実表面色の L，a，b 値については，L，b 値は各区間になんらの傾向も認められなかったが，a 値については無燐酸区が両年ともに少ない傾向を示した。果肉汁についてはL値は果実表面色のL値よりも全体的に減少した数値を示し，各区間ではなんらの傾向も認められなかった。



第3図　肥料要素と果実の色調　(a/b)

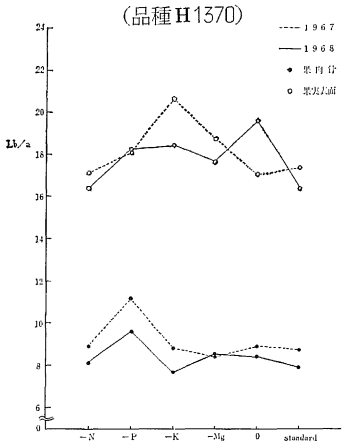


第4図　肥料要素と果実の色調　(a/b)

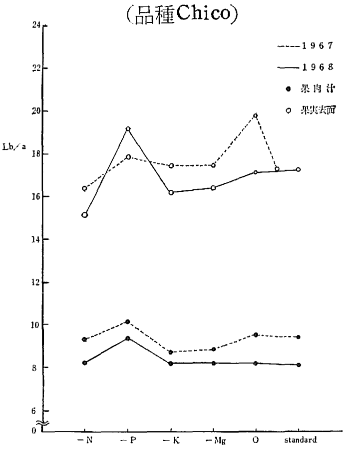
a 値については果肉表面色同様無燐酸区が最も少ない傾向を示した。b 値については第2表の果肉汁のH1370 および chico のb値がいずれも無燐酸区が最高値を示したほか，各区になんらの傾向も認められなかった。

このように単に L，a，b の測定値のみの比較では，果実の色調を総体的に比較検討することは困難である。そこでこれら測定値より計算で a/b 値，Lb/a 値を求め，第3図，第4図，第5図，第6図に示した。

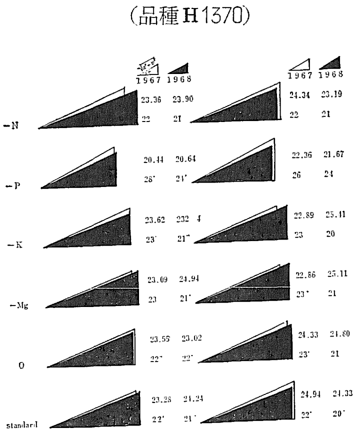
第3図は品種 H1370 の a/b 値について各区別に1967年，1968年の果実表面色および果肉汁色を図示展開したもので，図で明らかな通り果肉汁の a/b 値はいずれ



第5図　肥料要素と果実の色調 (Lb/a)



第6図　肥料要素と果実の色調 (Lb/a)



第7図　肥料要素と果実船調の極座標法による展開

第4表　地下水位と果実色調測色値　(1967年)

区分	品種	果実表面色			果肉汁色		
		L	a	b	L	a	b
20cm	H1370	26.2	19.7	14.3	22.0	20.8	10.1
30cm	〃	28.3	21.9	14.5	22.3	21.1	9.6
40cm	〃	29.4	21.6	14.2	22.4	21.8	9.3
50cm	〃	27.6	21.5	14.1	21.1	22.2	8.9

(各区10個体の平均)

第5表　地下水位と果実色調測色値　(1968年)

区分	品種	果実表面色			果肉汁色		
		L	a	b	L	a	b
20cm	H1370	29.2	20.7	14.3	23.4	22.5	8.8
30cm	〃	31.9	21.3	14.4	22.9	22.8	8.8
40cm	〃	29.3	21.8	14.2	23.1	23.4	8.7
50cm	〃	28.2	22.1	14.0	22.6	23.5	8.6

(各区10個体の平均)

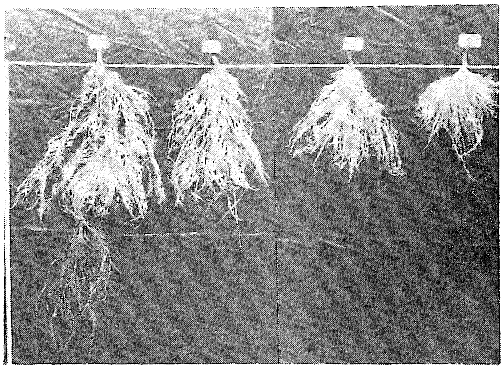
も1967年の実験よりも1968年の数値が高くなり，色調も全体的によくなった。両年とも無燐酸区が他の区に比して著しく数値が低くなり，果実色調も他の各区よりやや劣った．また果実表面の a/b 値については，両年いずれも各区間になんらの傾向も認められず，外観からの果実色調にはほとんど大きな変化が認められなかった．

品種 chico の a/b 値については，果実表面色および果肉汁ともに1967年よりも1968年が高い数値を示した．果肉汁の a/b 値は前品種 H1370 同様，両年とも，無燐酸区が他の区に比べて著しく劣った．その他の区間では著しい色差は認められなかった．

第5図は品種 H1370 の Lb/a 値を各区ごとに図示したものである（この Lb/a 値は数値が小さくなるにしたがって果実色調は優れる）．果実表面色については両年を通じて一定の傾向が認められなかった．果肉汁については a/b 値同様に両年とも，無燐酸区の数値が他の区に比べ著しく大きくなり，色調も劣ったのに対し，他の区間では a/b 値の場合と同様差異は認められなかった．

第6図は chico について Lb/a 値を示したものである．果実表面色は両年とも各区になんらの傾向も示さず，前品種同様に各区間の著しい色差は認められなかった．果肉汁については両年とも他の区に比し無燐酸区の Lb/a 値が最も大きく，色調も劣った．その他の区間では一定の傾向が認められなかった．

つぎに第7図は測色値 a，b より直角三角形を図示し，斜辺$\sqrt{a^2+b^2}$および角θを計算により求め，極座標法により展開したものである．この場合角θが小さく



50cm区　40cm区　30cm区　20cm区

〔写真〕 地下水位と根の伸長

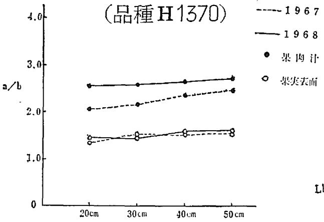
$\sqrt{a^2+b^2}$が長いほど色調は良好となるので，各区間のわずかな色調も比較することができる．この方法で比較しても無燐酸区の果実の色調が劣ることが明らかである．角θでは両年とも無燐酸区が最も大きく，他の区はそれぞれ大差なく，$\sqrt{a^2+b^2}$についても両年とも無燐酸区が他の区に比し最も短かく色調も劣ったが他の区間には大差は認められず，前同様なんらの傾向も認められなかった．

Ⅱ．地下水位が果実の色調に及ぼす影響

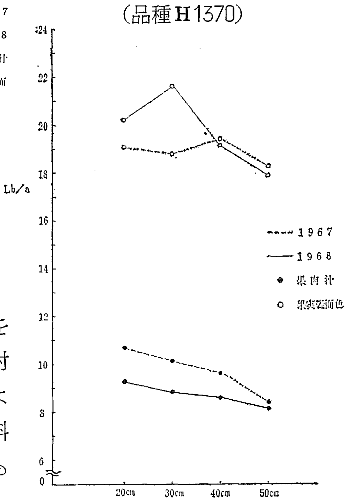
生育状況：1967年，1968年とも生育が正常であったのは 50cm 区，40cm 区で．30cm 区はやや劣り，20cm 区は生育不良であった．各区の根の伸長状況は写真で示した通りであった．根の伸長状況と茎葉の伸長とは同様な傾向を示した。

実験結果：品種は H1370 を用い，1967年，1968年の実験結果はそれぞれ第4表，第5表に示した通りであった．第4表で示した果実表面の L，a，b 値については各区間に大きな変化は認められなかったが，a 値は 20cm 区が最も小さく，b 値についてはほとんど各区間に変化は認められなかった．果肉汁についてはL値はいずれの区も果実表面のL値よりも数値が少なくなった．

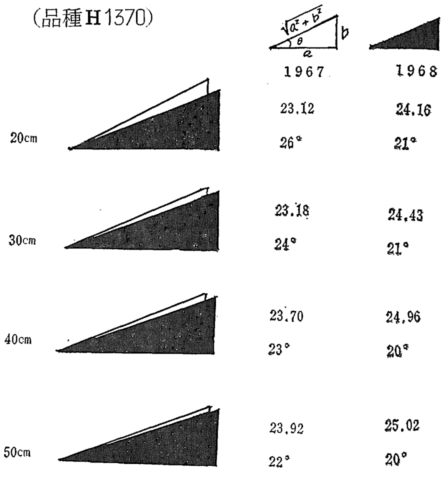
a 値は地下水位の低くなるに従って大きくなる傾向があり，b 値は逆の傾向を示した．ついで1968年の実験結果は第5表に示した．L，a，b 値で果実表面色と果肉汁の比較をすると，L は全区とも前実験同様，果肉汁が減少し，a 値はいずれの区も増し，b 値はいずれも減少し，色調は1967年よりも1968年の方が各区ともよくなった．果実表面色の a 値は，1967年同様の傾向を示したが，b 値については各区間に大差は認められなかった．果肉汁の a 値は果実表面同様，増加する傾向があるが 20cm区と 30cm 区，および 40cm 区と 50cm 区とでは増加の傾向が地下水位が低いほど増加した．b 値はほとん



第8図　地下水位と果実の色調（a/b）



第9図　地下水位と果実の色調（Lb/a）



第10図　地下水位と果実色調の極座標法による展開

ど大差なかった．以上の測色値をもとにさらに各区間の色調を検討するため a/b'値，Lb/a 値，および直角三角形の角 θ，ならびに斜地$\sqrt{a^2+b^2}$を求め，図示したものが第8・第9・第10図である．

a/b 値により各区間の果実色調について比較検討した結果は第8図で明らかなように，果実表面については，両年とも20cm 区が他の区に比しやや劣った．30cm 区，40cm 区，50cm 区は，それぞれ地下水位が低くなるにつれ数値はややよくなったが，各区間の色調に優劣は認められなかった．果肉汁については両年とも，20cm 区，30cm 区と地下水位が低くなるにつれ色調はややよくなったのに比べ，40cm区，50cm 区は，前2区よりも色調がよくなる傾向が認められた．このように地下水位が低くなるにつれて色調は少しずつよくなった．

第9図は Lb/a 値により果実色調を比較検討したものである．この図で明らかなように，果実表面色には各区間に一定の傾向は認められず，両年とも外観からの色調については各区間に優劣はつけにくい．果肉汁の色調については，両年とも20cm区が他の区に比し色調は劣った．

1967年の 30cm 区，40cm 区は地下水位が低くなるにつれ色調はよくなったが，50cm 区は前3区に比し，一段と果実の色調はよくなった．1968年は地下水位が低くなるにつれて段階的に果実の色調は良好となる傾向を示した．

次いで極度標法による角 θ，直角三角形の$\sqrt{a^2+b^2}$の数値を求めて果実色調の比較検討した結果は第10図に示した通りであった．角 θ は，1967 年 20cm 区，30cm 区，40cm区，50cm区と 10cmずつ地下水位が低くなるにしたがって 1° ずつ角度が少なくなり色調はよくなった．

1968年は 20cm 区，30cm と 40cm 区，50cm 区とは同じ角度を示し，30cm を境に 30cm 以下と 30cm 以上と地下水位が低い方が色調がややよくなる傾向を示した．

三角形の斜辺についても両年とも，地下水位が低くなるにつれ長くなり，色調も地下水位が低くなるにつれて段階的によくなる傾向を示した．

考　　察

肥料要素と果実の色調

この実験は肥料要素が果実の色調にいかに影響するかについて行なったものである．肥料要素と果実の色調について直接追求した文献は少なく．山田[8]は肥料施用量とトマト色調について，標準施肥が最も濃色であるが，2倍施用の方が赤味が多いと述べ，園試盛岡支場[4]の試験では，施肥量により果肉色，pH，可溶性固型分に一定の傾向はあらわれにくいと報告している．色調と最も相関の高い色素含有については，ELLIS[1] は β-Carotene の含有量はおもな養分元素がかなり増減してもほとんど影響しないと述べている．高橋，中山，[5] は lycopene 含有量は無肥料区・無窒素区・完全区に多く，無燐酸区において最も少ないと報告している．

本実験は1967年，1968年の2カ年にわたり同一な実験を行なったが，その実験結果で明らかなように1967年に比し1668年で色調が全体的に優れた．この理由については種々考えられるが，第2図で示したように，1968年の気温が 1967 年に比べて低く，平均気温の積算でもやや低く，さらに全期間を通じて最低気温が低かった．

これまでの実験[7]から，夜間の気温が（15°C～20°C）さがると lycopene の主成に好適条件となるので，色調がよくなったものと推論される．

色感と高い相関がある[3] a/b，Lb/a，角 θ，$\sqrt{a^2+b^2}$ 値により各区別に果実色調の比較を行なった結果から

は，果実表面色調については，なんらの傾向も示さず，したがって肉眼観察にも各区間の色調の優劣は明らかでないと考察された．果肉汁については，各区とも，いずれの数値からも，無燐酸区が共通して色調が劣ったが，他の区すなわち完全区・無施肥区・無窒素区・無加里区・無苦土区の間には，展開ごとに数値が多少異なる程度で一定の傾向は認められなかった．

a/b 値，Lb/a 値，角 θ，$\sqrt{a^2+b^2}$，それぞれの数値による各区別に果実色調の検討の結果で明らかなように，すべて無燐酸区が他の区に比しやや色調が劣る傾向を示したことが重要であると考えられた．以上実験結果から果実色調の良好な加工原料を生産するには燐酸肥料の欠乏を防ぎ，生産を減じない程度に窒素肥料を減じた合理的な生産法を確立すべきであると考察された．

地下水位と果実の色調

この実験は地下水位が果実の色調にどのような影響をもつかについて行なったものである．前項の肥料要素の場合と同様，1967年の実験結果よりも1968年の結果が各区とも果実の色調がよくなったことは第2図に示す気温条件が果実色調に好条件を与えたものと考えられる．両年ともに地下水位が低くなるにつれて色調はよくなる傾向が認められたが，1967年の果肉汁の a/b 値で 30cm を限界に果実の色調が一段とよくなる傾向も考えられる．また1967年の Lb/a 値による色調の変化では 20cm 区，30cm 区，40cm と段階的によくなるが，50cm 区では一段と色調がよい傾向を示した．この結果からいずれに限界があるか今後実験を重ねる必要があると考えられる．

以上のように土壌の水位が高いと，土壌の物質変化と植物の正常な機能が防げられるため果実の色は赤い色素が不足し黄色色素が強くなり異常に不良であったと HESTER[(2)] はのべていることとよく一致している．この実験結果から加工用原料として良好な色調の果実を生産するには，排水良好な土地条件を設定する必要がある．

摘　　要

1967年，1968年，肥料要素ならびに地下水位が果実の色調に対し，いかなる影響をおよぼすかについて実験を行なった．肥料要素については砂耕栽培により，無施肥区・無窒素区・無燐酸区・無加里区・無苦土区および完全区とし，地下水位については水槽を用い，20cm 区・30cm 区・40cm 区・50cm 区に区分した．

1．肥料要素各区ならびに地下水位各区ともに果実の表面色調はなんらの傾向も認められなかった．

2．肥料要素と果肉汁の色調は，無施肥区・無窒素区・完全区・無加里区・無苦土区，いずれもa/b値，Lb/a値とも大差なく，色調良好な値を示したのに対し，無燐酸区は a/b 値，Lb/a 値ともに他の区より少なく，色調やや劣った．

3．地下水位と果肉汁の色調については，地下水位が低くなるにつれて a/b 値，Lb/a 値いずれも色調良好な値を示した．

4．加工原料として良好な色調の果実を得るためには次の事項を考慮する必要がある．

1）窒素肥料の施用を収量が減じない程度に少なくし，燐酸肥料の欠乏しないように施すこと．

2）排水良好な土地条件を設定すること．

引　用　文　献

1．ELLIS. G. H. and HAMNER, K. L.：J. Nutr., 25：439～553，1943

2．HESTER, J. B.：トルオーグ植物栄養新説：1958，東京，250

3．MAVIS, J. O. and GOULD, W. A.：Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 64：379，1954

4．農林水産技術会議事務局：研究成果 24：16～18，1968

5．高橋敏秋・中山昌明：園芸学会誌31(2)：155～156，1962

6．寺田俊郎・高橋亮正：島根大農研報 1：25～26，1967

7．WENT, F. W.：Am. J. Bot., 31(3)：133，1944

8．山田耕二：農産技術研究3(1)：1～4，1956

Summary

The present study was designed to secure the effects of nitrogen, phosphorous, potassium and magnesium deficiencies and also of four kinds of underground water level on fruit color of tomato for raw material.

Results were summarized as follows;

1. As to the surface color of fruits no influence was found in any treatments.

2. The juice color, however, became worse due to the deficiency of phosphorous and became better with lowering of underground water level judging from the color values, a/b and Lb/a.

3. These results show that enough application of phosphorous and good drainage may be effective against producing the tomato fruits of favorite color for raw material.