

## イチゴの休眠打破に関する生理的研究

誌名	千葉県農業試験場研究報告 = Bulletin of the Chiba-Ken Agricultural Experiment Station
ISSN	05776880
著者	士岐, 知久 成川, 昇
巻/号	13号
掲載ページ	p. 23-34
発行年月	1973年3月

# イチゴの休眠打破に関する生理的研究

土岐 知久・成川 昇

## Physiological Studies on Breaking the Rest of Strawberry Plants

Tomohisa TOKI and Noboru NARUKAWA

### I 緒 言

イチゴは他の果菜類と異なり、秋から冬にかけ生育は極端に低下する。その期間は温室などに入れ、加温しても正常な発育を行なわない。これはイチゴがナシ、モモ、リンゴなどの落葉果樹と同じバラ科作物であるため、厳寒期に耐えるための自衛手段として行なう休眠現象の一種と考えることができる。しかし、これら果樹類と異なる点は落葉せず、短日低温になると葉柄と葉身が矮小となり、株全体が矮化し、地這い状態となり、いわゆるロゼット状を呈することである。

これがイチゴの休眠の特異性にもつながる。すなわち自発休眠の覚醒条件が落葉果樹や球根類などのように単に低温の遭遇時間による“冬の経過の知らせ”だけでなく、葉があるため長日や強光などの光条件の変化により“春が来たことを知らせる”という休眠覚醒条件の二面性を有し、複雑化していることを示すものである。

従来、イチゴの休眠打破法に関する研究<sup>3,4,5,12,13,14,15,16,19,30</sup>の多くは株冷など低温の要求量を満たすことを主体としており、長日化や強光化などの光条件の変化に関する研究<sup>7,8,10,18,20,23,24,25,27</sup>はごく最近始められたばかりで、それも低温遭遇に対する従的条件として報告されているに過ぎない。

しかし株冷なども単に低温要求量を満たすだけのことでなく、暗黒下で長期間貯蔵した後、明所に定植されたという光条件の変化が付加されたことにも意義があり、また埼玉などで行なわれている遮光栽培<sup>23</sup>も単に Winter Protect だけでなく、保温時に寒冷紗やわらなどの遮光物を除去するという光条件の変化にも意義があると思われることからすれば、低温遭遇と同様、光条件の変化も強調されなければならないし、また休眠覚醒条件の二面性を裏付けるものであると思われる。

一方、イチゴではこのように休眠覚醒条件が複雑であり、実用的にも各種の打破処理が行なわれている状態では休眠を従来どおり生育の生態的、形態的变化からのみ判定するのは正確な条件設定が得られない。

そこで休眠を左右するものを物質としてとらえ、その消長や休眠および覚醒時の体内の生化学的変化などから休眠状態を解析しようとした。更にそれにより休眠覚醒の経過や覚醒直後の体内変化を検討し、それらを総合し、休眠覚醒の生理やケミカルコントロールによる休眠打破法などを験知しようとした。

この研究を遂行するに当たり、御指導、御校閲を賜った千葉県農業試験場そ菜研究室長萩原佐太郎氏ならびに有益な御助言、御指導をいただいた前千葉県農業試験場長林政衛氏に深謝の意を表します。

### II 休眠状態の生物的検定法

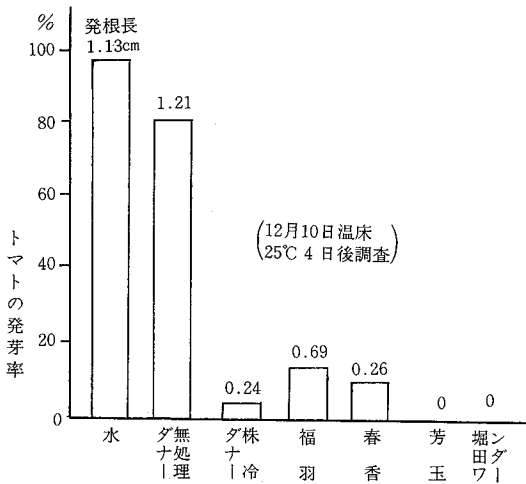
従来、イチゴの休眠状態を示す方法として葉柄長や果梗長という形態変化を指標としてきた<sup>27,28</sup>。また休眠に入り覚醒していく休眠状態の経過を示す方法として時期別に加温し、上記のような生育状況から判断するという現象面からの把握をしてきた<sup>27,28</sup>。しかし休眠を動かすものを物質もしくは、それを生成し、動かす酵素を想定した。(一部実証されているものもある)。そこでそれらの消長などイチゴの体内の生化学的変化から休眠状態をとらえる必要があるものと考え、休眠を検定する生物検定法を検討しようとした。

#### 1. 試験方法

試験材料はすでに休眠覚醒していると思われる福羽、春香、芳玉、堀田ワンダーの4種類とダナーおよびダナーの株冷(0℃, 30日間処理)により休眠打破処理を行なったものの5品種と1処理について、ダナーの休眠の最も深いと思われる12月10日に各5株のクラウン部を細断混和し、5gとり、30ccの水を加えて乳鉢でつぶし、そのろ液をしめした発芽床(シャーレにろ紙3枚をしいたもの)でトマトなどそ菜種子の発芽試験を25℃の定温器で行なった。置床後96時間に発芽数およびその発根長を測定した。

#### 2. 試験結果および考察

休眠誘起物質などイチゴの生育を動かす物質の消長を験知する方法としてトマトなど休眠の認められないそ菜



第1図 品種および打破処理のイチゴ汁液の発芽に及ぼす影響

種子の発芽に及ぼす影響を測定し、それらから求めようとした。

まず休眠の異なるダナーなど5品種と株冷による休眠打破処理を行なったダナーのクラウン部を、イチゴの細胞内における生化学的狀態をそこなわないようにするため水を用い、抽出し、そのろ液がトマトなどのそ菜種子の発芽に及ぼす影響を検討した。

その結果、第1図に示すようにトマト種子の発芽状態がイチゴの休眠状態を適確に表示することが判明した。すなわち、その理由は不明であるが、休眠の浅いといわれる品種(12月10日ではすでに覚醒していると思われる)や打破処理を行なったダナーの発芽率は0~7%できわめて低く、発根長も短い。水や自然状態のダナー(休眠中)では80%以上で非常に高く、かつ長くなる傾向を示した。これは当初意図したイチゴの休眠誘起物質は種子の休眠にも影響し、発芽、発根が悪くなるであろうという想定とは逆の現象としてあらわれた。

この休眠覚醒したイチゴの抽出液がトマトの発芽を抑制する現象は休眠覚醒において、何らかの物質が生成されたことを示すもので、それが休眠覚醒物質であるか休眠物質が消去される際の副産物であるかは今後検討しなければならぬが、従来報告されているように休眠覚醒とは単にアブサイシン酸などの休眠物質が消去されるということは異なる結果を示したことになる。

いずれにしてもイチゴの水抽出液がトマトの発芽状態を変えるというこの現象はイチゴの休眠状態を調べるに当たり簡便かつ適確なる検定方法になりうるものと思われた。

### III 自然状態における休眠覚醒経過

従来休眠状態の適確な検定、表示法がなかったため自

然状態の休眠覚醒経過も時期別に加温し、葉柄長などの形態変化から求めた。このため休眠は徐々に覚醒するものと考えられていたが、前試験のような休眠状態を物質的な消長などイチゴ体内の生化学的变化からとらえるトマトによる生物検定法を確立できたので、この方法によりダナーの自然状態における休眠覚醒の経時変化を地上部と地下部に分け検討しようとした。

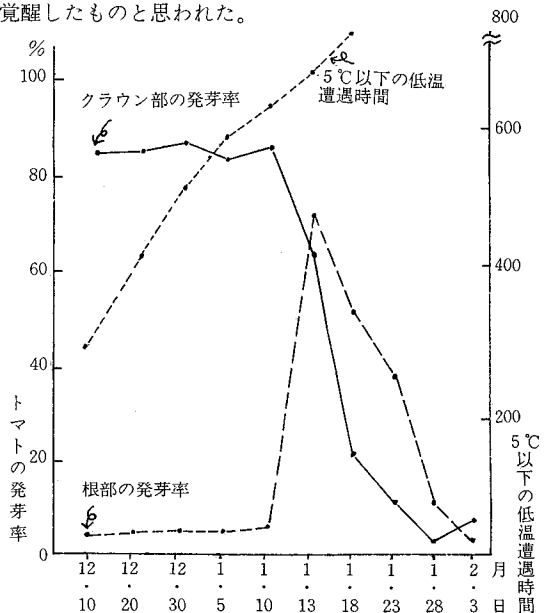
#### 1. 試験方法

試験材料はダナーを用い、ダナーの最も休眠の深いと言われる12月10日から、10日おき、覚醒時には3~5日おきに2月3日までトマトの発芽による生物検定法により時期別の休眠状態を検討した。イチゴは休眠中でも根群の発達は旺盛に行なわれているところから、休眠中であっても地上部と地下部の休眠状態の変異があるものと考え、クラウン部と根部をそれぞれ5株ずつ細断混和し5gとり30ccの水を加え、乳鉢により抽出を行ない、その抽出液により発芽試験を行なった。

#### 2. 試験結果および考察

自然状態におけるダナーの休眠覚醒の経過をトマトの発芽による生物検定法により求めようとした。その際地上部と地下部に分け、両者の変異の経時変化も合わせて見ようとした。

その結果第2図に示すようにダナーの休眠の最も深いと言われる12月10日から覚醒期に入ると言われる1月10日までのクラウン部の抽出液のトマトの発芽率は80%以上を示し、きわめてよく、その間ほとんど差は認められない。しかし1月13日には発芽率は60%に低下し、覚醒のきざしがみえ、1月18日には20%以下に低下し、ほぼ覚醒したものと思われた。



第2図 トマトの発芽法によるダナーの自然休眠覚醒

すなわち、イチゴの体内の物質的な消長から休眠覚醒経過を見るならば、12月10日から1月10日までほとんど差がなく、1月中旬に急激に体内変化を生じ、直線的に覚醒に向かうものと思われ、葉柄長などの形態変化から見た12月中旬から徐々に覚醒するという従来の報告<sup>21,27)</sup>とは明らかに異なる結果を示した。

この1月18日は休眠覚醒の指標にしていた低温要求量の5℃以下遭遇650時間にあたり、従来千葉県で言われていたグナーの休眠覚醒の低温要求量とほぼ一致した。

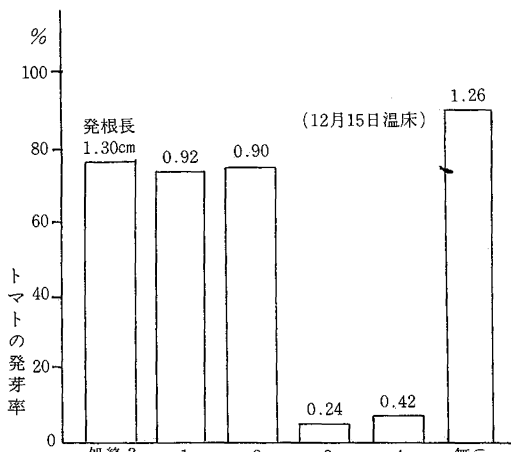
しかし地下部では地上部が休眠している12月においてもトマトの発芽率は10%以下を示し、きわめて悪く、常に覚醒しており休眠には入らないものと思われた。このことから休眠は全身の現象ではなく植物体の部位により異なることが明らかにされた。この現象はヤマトイモのムカゴでも認められ<sup>11)</sup>、冬期のムカゴは発根はするが発芽はしないと報告されている。しかし、地上部の覚醒時に一時的に発芽率が上昇することが認められるところから、地上部の休眠覚醒物質が地下部で生成されるなり、一時的な両者のかかわり合いがあることを示しているものと思われた。

#### IV 株冷による休眠打破処理株の覚醒経過

自然状態におけるグナーの休眠覚醒の経過をトマトの発芽による生物検定法によって検定したところ、急激に覚醒する現象が認められたので更に、株冷による休眠打破株の休眠覚醒の経過も同様の方法で検討しようとした。

##### 1. 試験方法

試験材料はグナーを用い11月15日に暗黒の0℃±1℃の冷蔵庫に30日間入庫、12月15日に出庫した。出庫後直ちに昼間30℃、夜間10℃の人工気象室に定植、出庫2時



第3図 トマトの発芽法によるグナー株冷処理の休眠覚醒経時変化

間後から24時間きざみに計5回、各5株ずつをサンプリングし、細断混合し、5gとり前試験と同様、水抽出液によるトマトの発芽法を用い、株冷によるグナーの休眠覚醒経過を検討した。

##### 2. 試験結果および考察

トマトの発芽による生物検定法により株冷株のグナーの休眠覚醒経過を検討した。

その結果、第3図に示すように株冷処理終了2日後までは、トマトの発芽率は80%程度を示し、無処理の休眠株と大差なく、きわめてよいが、3日後では5%以下となり極端に低下した。

このことは自然界における休眠覚醒と同様、株冷においても打破処理中、低温を受け徐々に覚醒しているのではなく、処理終了後ハウス内に定植され、光を受けても処理終了2日後までは物質的な消長からみれば休眠中であり、3日に突如として休眠打破され、覚醒するという急激な変化を行なうことを示しているものと思われた。

急激に覚醒されるこれらの現象から休眠覚醒におけるイチゴの体内の生化学的変化や物質的消長を考察すると、アブサイシン酸などの休眠物質が徐々に消去されるという従来の考えとはかなり異なり、酵素活性などの生化学的変化が低温遭遇により累積的に加算され、低温要求量が満たされ、ある高まりで打破されるのか、ある高まりで引金が引かれ、体内における休眠物質を消去する物質が生成されるのか、もしくは休眠覚醒物質が生成されるなりして行なわれるものと思われた。

#### V 休眠覚醒におけるイチゴ体内の一次変化

休眠覚醒が急激に行なわれるところから、休眠物質を消去する物質もしくは休眠覚醒物質が生成されるのではないかと推論した。そこで休眠打破処理後における体内の一次変化を求め休眠覚醒の原因を体内変化から験知しようとした。

##### 1. 試験方法

株冷の処理程度を変えるため、処理日数を20日と通常行なわれている30日の2区（根を洗い、ビニール袋に入れて処理）と、一方高温処理でも休眠覚醒が可能であるところから50℃4時間区と40℃48時間、40℃10時間ずつ6日間処理する3区（素焼鉢に植えたまま処理）に無処理を加え、6区の体内変化を各種調査した。

##### 2. 試験結果および考察

イチゴの温度による休眠覚醒のための打破処理法には株冷などの低温要求量を満たす方法と李らの研究による高温処理法とがある。

この相反する温度条件により起こるイチゴの共通の一次変化を検討することにより、休眠覚醒の生理の一端を験知しようとした。

第 1 表 高温処理法と打破効果

処理日 12月25日 終了3日

処理後日数	1 無 処 理		2 株冷0℃ 30日		3 高温50℃ 4時間		4 高温40℃ 48時間		5 高 温 間 断		後から空間実容積10ℓのデシケーターに4株、1日当たり2~4 ppm程度の多量
	新生展開葉 数	新生展開葉柄長	新生展開葉 数	新生展開葉柄長	新生展開葉 数	新生展開葉柄長	新生展開葉 数	新生展開葉柄長	新生展開葉 数	新生展開葉柄長	
20日	1.8 枚	2.6 cm	2.0	4.4	3.2	4.0	3.3	3.8	2.2	2.6	
30日	3.2	3.0	3.3	6.3	4.6	5.7	4.6	5.4	3.6	4.2	
40日	4.6	4.4	4.3	6.2	5.5	5.8	5.7	5.6	4.7	5.0	
60日	8.1	5.0	7.2	10.2	8.5	5.3	8.8	5.0	8.1	5.0	

まず李らの研究<sup>27,28)</sup>により、効果は一時的であると言われる高温処理の有効法を検討した。その結果第1表に示すように40℃の高温間断処理より、40℃では48時間の連続処理、50℃では4時間処理の効果が高いことが明らかになったが、これらの方法でも効果期間は50日程度で株冷によるものより短かく、休眠を覚醒し正常に生育するためには単に温度条件による休眠打破だけではなく、光条件の変化など生育を促進する何かが必要であろうと考えられた。

しかし、株冷と高温処理というまったく異なった温度条件の処理においても、いずれも第4図に示すように処

の内生エチレンが継続的に発生することが認められた(エチレンの測定は検知管により定性的に行なった)。この間無処理の休眠株ではぜんぜん発生しなかった。しかも打破効果が十分でない加藤<sup>15,16)</sup>らにより報告されている株冷の20日間処理や先の高温間断処理では内生エチレンの発生量が少なく、また発生時期も一時的であった。

このことはイチゴが休眠覚醒する過程には何らかの形で内生エチレンの発生が関与し、さらに体外排出量の多いものほど打破効果が高いことを示すものであった。

この3日後に内生エチレンが発生する現象と前試験の株冷による休眠打破処理を行なった際3日後に急激に覚醒する現象とが日数的にも一致するところから内生エチレンがイチゴの休眠を覚醒させる何らかの働きを有するものであることを裏付けている。

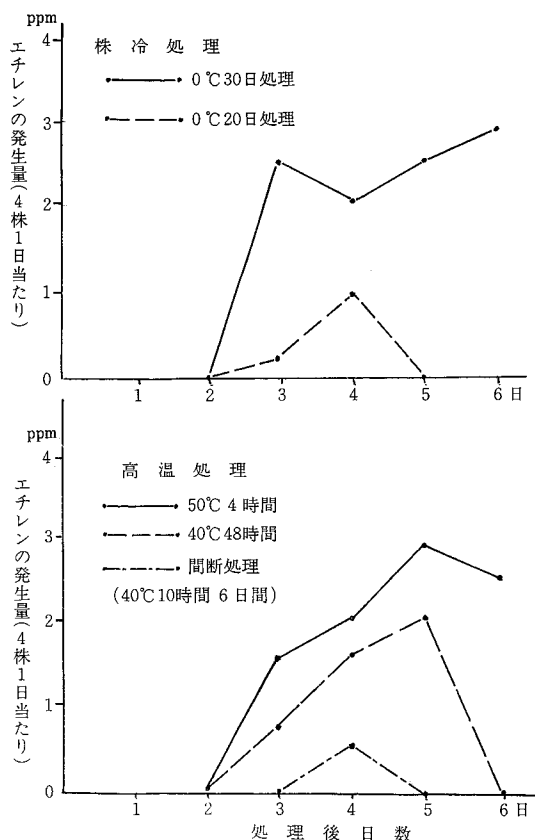
植物における内生エチレンの発生機構については不明な点が多いが、パーオキシターゼの活性化が発生の引金的働きをするという報告<sup>26)</sup>がある。またパーオキシターゼは低温により活性化するという報告もある。これらの試験結果やエチレンの発生機構などを総合するとイチゴは低温に遭遇し体内のパーオキシターゼが累積的に活性化し、パーオキシターゼ活性がある程度以上高まるとエチレンを発生させ、休眠物質は消去されるなり、休眠覚醒物質が生成されるなりし、一方光条件の変化とあいまって、自発休眠は解除される。更にハウスなどにより加温された場合、他発休眠も破れるものと考えられた。

## VI エスレルによる休眠打破効果

株冷などの休眠打破処理をした株は3ppm以上内生エチレンを発生しその内生エチレンの発生が休眠打破に直接つながり、更に体外排出量が多いほど打破効果が高いことが明らかになった。そこで内生エチレンを発生させると言われるエスレルの散布効果およびその濃度を検討しようとした。

### 1. 試験方法

試験材料はダナーを用い、12月25日にエスレルの10ppm, 100ppm, 250ppm, 500ppm, 1,000ppm, 2,000ppm, 5,000ppm の7段階および株冷(0℃30日処理)と標準の無処理を加え、9区で休眠打破効果を比較検討した。

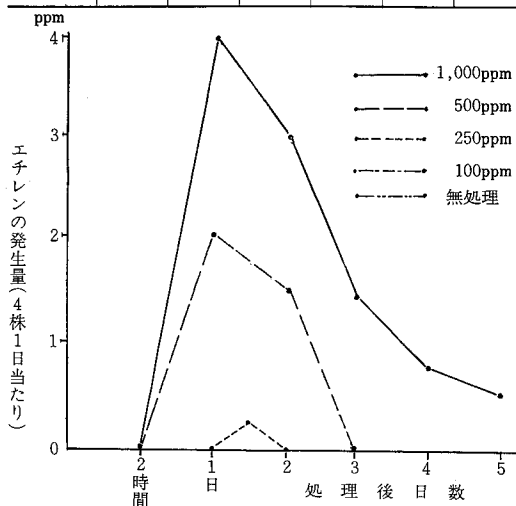


第4図 休眠打破処理と内生エチレンの発生量 (12月15日処理)

第 2 表 エスレル濃度と打破効果

処理日 12月25日

処理後日数	1 無処理		2 株冷 0℃30日		3 エスレル100ppm		4 エスレル250ppm		5 エスレル500ppm		6 エスレル1,000ppm		7 エスレル2,000ppm	
	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長
20日	1.0 枚	2.6 cm	2.0	4.4	2.6	2.6	2.4	2.4	2.8	2.5	2.2	4.2	4.0	3.7
30日	3.2	3.0	3.3	6.3	3.6	3.7	3.1	3.2	3.6	3.5	4.0	6.2	6.0	5.0
40日	4.6	4.4	4.3	6.2	4.7	4.4	4.1	4.1	4.5	5.0	5.1	5.9	7.2	5.7
60日	8.1	5.0	7.2	10.2	8.5	5.2	8.0	5.0	8.5	5.0	8.0	5.6	9.4	5.3



第 5 図 エスレルの処理濃度とエチレンの体外排出量 (12月25日処理)

更にエスレル1,000ppm処理の30日後にジベレリン10ppm, 50ppm, IAA10ppm, エスレル1,000ppm を散布し, 休眠再突入防止効果を検討した。

2. 試験結果および考察

内生エチレンの発生がイチゴの休眠打破に関与し, また体外排出量の多いほど休眠打破効果も高いと言う結果を得たところからエスレルの散布効果および濃度試験を行なった。

その結果, 第 2 表に示すように, 冷蔵株では処理20日後に新生葉柄長は無処理にくらべ倍以上伸び明らかに打破効果は認められた。これに対し, エスレル処理では500ppm までとはとくに効果は認められないが, 1,000ppm では冷蔵株とほぼ同程度の打破効果が認められた。しかし, 2,000ppm では葉柄長は伸び, 葉数は増えるがやや小葉になり5,000ppm では2,000ppm と同様の草姿になるが, 下葉

の一部が黄変し葉害の症状であろうと思われた。

この打破効果のある1,000ppm という濃度はウリ類の雌花増加効果などエスレルの他の生理作用にくらべ10~50倍の高濃度であった。

そこでエスレルの濃度を変え, イチゴにおけるエチレンの体外排出量を測定した。その結果第 5 図に示すように1,000ppm では処理 1 日後から 4 ppm 程度のエチレンを排出し, 比較的継続的であったが, 500ppm では2.5ppm であり, 一時的であった。250ppm では2日後に発生したが, きわめて微量であった。

したがって休眠打破効果を示すためには多量のエチレンを継続的に排出する必要があると思われた。

一方, エスレルにより休眠打破した株は第 2 表に示すようにいずれの時期も処理50日後頃から, 再び矮化し, いわゆる休眠に再突入した。

すなわち, 同じエチレンの発生によると思われる休眠打破効果でも株冷や自然の低温遭遇による覚醒と, エスレルによる覚醒では異なるものと思われた。これは現象的には光条件の変化が加わるかどうかの差であり, 物質的には生育を促進するためのジベレリン様物質の生成の有無であろうと考えられた。そこで第 3 表に示すようにエスレル散布30日後に50ppm のジベレリンを散布したところ, 外見的には矮化を回避することができた。

これらの結果は株冷蔵が単に低温要求量を満たすだけの効果ではなく, 暗黒下で低温貯蔵することの効果も加味され, 保温と同時に光条件の変化を与えることがジベレリン様物質などの生育促進物質の増加を促し, 中後期の生育を促進したためで, エスレル単用の打破効果とは異なるのはこのためであろうと考えられた。言い換えればエスレルによるエチレンの効果は休眠物質を消去する低温遭遇の代用であり, 一方正常に発育する株冷などではそれに光条件の変化が加わるため, 生育を促進させるジベレリン様物質などが

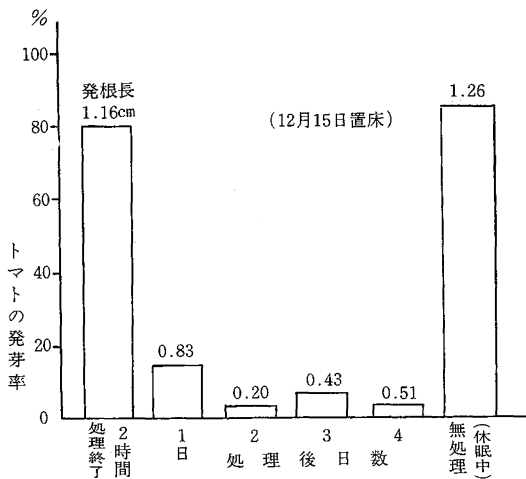
第 3 表 エスレル処理後30日目のホルモン処理効果

エスレル処理 12月25日

エスレル処理後日数	1 無処理(第1回エスレル)		2 ジベレリン10ppm		3 ジベレリン50ppm		4 エスレル1,000ppm		5 IAA10ppm	
	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長	新生展開葉数	新生展開葉柄長
30日	5.0 枚	4.8 cm	5.0	4.8	5.0	4.8	5.1	4.7	5.1	4.8
80日	10.6	6.5	10.5	8.6	11.0	12.3	10.8	6.8	10.5	9.2

ベレリン様物質などが増加したためであろうと考えられた。

このことは現在, 実



第6図 トマトの発芽法によるダナーエスレル処理の休眠覚醒経時変化

用化している休眠打破もしくは矮化防止として考えられている株冷蔵や電照栽培や遮光栽培などはいずれも低温遭遇プラス保温時の光条件の変化(長日化や強光化)を起こさせていることから裏付けられる。

しかし、休眠物質を消去するもしくは休眠物質を生成して休眠覚醒することとジベレリン様物質などを生成し生育を促進することとはあくまでも相対的バランスの上にたつもので、10月下旬に行なう電照の促成栽培のように休眠に入っており、一方休眠物質は完全に消去されていなくとも促進物質を増加させる処理をとることにより、経済的に促成栽培とし実用的し得るわけである。

すなわち、生理的休眠打破と実用的休眠打破とは物質の量的な面で当然異なるものと言えよう。

これらのことから今後ケミカルコントロールにより休眠打破を行なう場合は低温遭遇を代用するエスレル単用では効果は継続せず、光条件の変化を代用するジベレリンの混用もしくは併用を検討する必要があるものと思われた。

### VII エスレル処理における覚醒の特性

エスレル処理の場合のイチゴの休眠覚醒経過などを株冷における場合と同様の手法を用い、エスレル処理にお

ける休眠覚醒の特性をみようとした。

#### 1. 試験方法

試験材料は15cm径の鉢植えのダナーを用い、12月15日にエスレル1,000ppmの全株散布(3~5cc)処理を行ない、直ちに昼間30℃、夜間10℃の人工気象室に移した。

それを処理2時間後から24時間きざみに計5回、各5株ずつをサンプリングし、細断、混和して5gとり、前試験と同様、水抽出液によるトマトの発芽法を用い、エスレル処理によるダナーの休眠覚醒経過を検討した。

#### 2. 試験結果および考察

エスレル処理におけるイチゴの休眠覚醒経過の特性をトマトの発芽による生物検定法により検討した。

その結果第6図に示すように処理2時間後まではトマトの発芽率も80%を示し、休眠覚醒していないが、24時間後に早くも10%以下に低下し、休眠覚醒するものと思われた。

この現象はエスレル処理2時間後にはエチレンを発生しないが、1日後に発生することと一致し、株冷におけるエチレンの発生時期と休眠覚醒する時期が同じ3日後で一致することにも合致し、エチレンが休眠物質を消去するなり、休眠覚醒物質を生成するなりして休眠覚醒に働くことを裏付けるものと考えられた。

### VIII エスレル処理の環境と効果

ケミカルコントロールを行なう場合、その効果は処理温度などの環境条件により左右される場合が多い。そこでイチゴの生育を促進する場合の昼・夜の温度環境とエスレル処理の効果について生育やエチレンの発生量から検討しようとした。

#### 1. 試験方法

供試材料はダナーを用い、12月25日にエスレル1,000ppmの全株散布(3~5cc)処理を行なった。まず昼間の適温環境を知るため、液温は10℃一定にし、昼温を35℃、25℃、15℃の3段階にとり、葉柄長および散布後のエチレンの体外排出量から比較検討した。また夜間の適温環境を知るため、昼温はガラス室内トンネルを密閉状態にし、30℃以上を確保するようにし、夜温を12℃、8℃、5℃の3段階にとり、葉柄長により比較検討した。

#### 2. 試験結果および考察

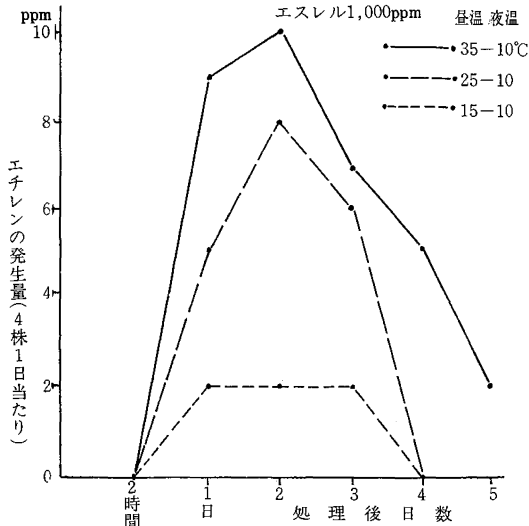
第4表 エスレル処理時の温度と打破効果

処理日 12月25日

エスレルを処理する場合の昼・夜の適温条件を検討した。

その結果、昼温については第4表に示

処理後日数	1エスレル1,000ppm 35-10℃		2エスレル1,000ppm 25-10℃		3エスレル1,000ppm 15-10℃		4エスレル1,000ppm 高温-12℃		5エスレル1,000ppm 高温-8℃		6エスレル1,000ppm 高温-5℃	
	新生展開 葉数	新生展開 葉柄長	新生展開 葉数	新生展開 葉柄長	新生展開 葉数	新生展開 葉柄長	新生展開 葉数	新生展開 葉柄長	新生展開 葉数	新生展開 葉柄長	新生展開 葉数	新生展開 葉柄長
20日	3.3	4.3	2.5	4.0	2.8	3.3	3.0	4.5	2.6	2.5	2.7	2.6
30日	5.3	5.8	5.0	4.8	5.0	4.3	5.8	5.7	3.5	5.8	3.0	5.8
40日	6.2	6.2	6.0	5.7	5.8	5.5	6.5	6.2	4.6	6.2	4.5	6.3



第7図 エスレル処理時の温度とエチレン発生量 (12月25日処理)

すように昼温は高いほど薬柄長は伸び、休眠を打破し、生育促進する効果は高いものと思われた。しかし、これだけではエスレル処理の適温環境か、生育の適温環境なのか不明である。そこでエスレル処理後夜温は10°C一定にし、昼温のみ35°C、25°C、15°Cの3段階に設定した人工気象室に5日間入れ、処理時のエチレン体外排出量から休眠打破効果を検討した。

その結果、第7図に示すように昼温35°C区が最も多量のエチレンを排出し、最高10ppmまで達したが、15°C区では2ppm程度にとどまった。

次に適夜温を知るため、トンネルで二重被覆した自動

温度調節温室において夜温のみ12°C、8°C、5°Cの3段階にとり、エスレル処理における夜温の適温条件を生育面から検討した。これは実用面からみてあくまでもイチゴの生育適温との関連で考えなければならない。第4表に示すようにこの試験範囲では初期生育は夜温12°Cが最も効果が高く、8°C以下ではきわめて劣り、無処理と大差なかった。

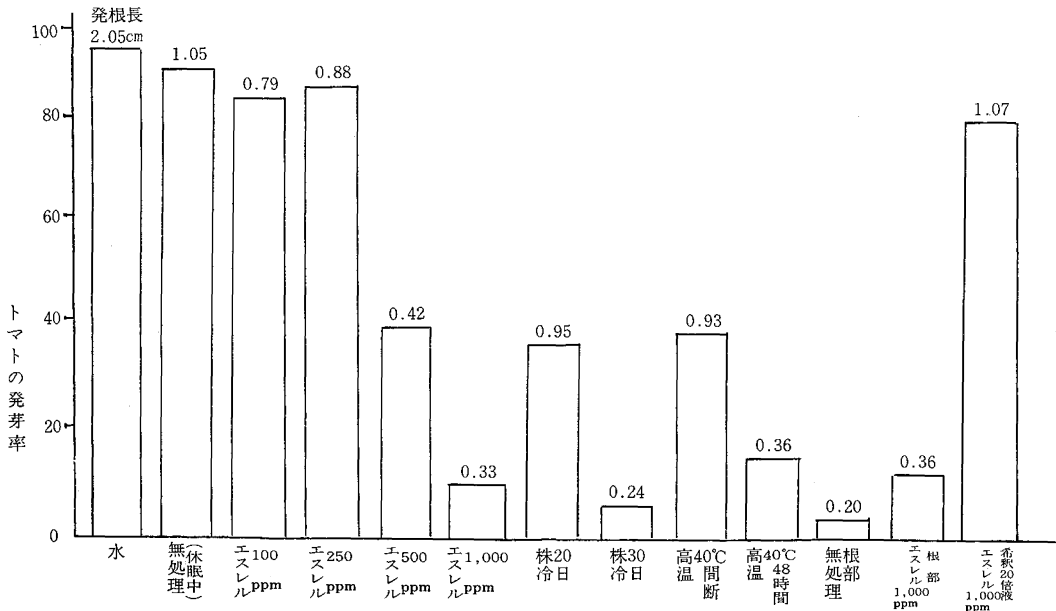
以上の結果からエスレル処理の適温環境はイチゴの生育とも考え合せ、パイハウスのビニールを被覆した後の晴天時を選び、密閉状態のような高温条件が望ましく、その夜温も10°C以下に低下しないよう保温・加温すべきものと思われた。

### IX 休眠打破処理法と休眠物質などの消長

以上の試験で行なった株冷や高温処理やエスレル処理における処理時間数や濃度について、それぞれの休眠物質の消長をトマトの発芽による生物検定法を用い、すでに認められているエチレンの体外排出量が多いほど打破効果は高いという結果について、更に休眠物質の消長などとの関係を検討しようとした。

#### 1. 試験方法

試験材料はダナーを用い、エスレル処理では12月25日に処理し、株冷や高温処理などでは12月25日に終了するようにそれぞれの処理を開始した。エスレルの処理区は濃度を100ppm、250ppm、500ppm、1,000ppmのクラウン部と1,000ppmの根および1,000ppmのクラウン部の抽出液を更に20倍に希釈した区を加え6区について、また温度処理では株冷の20、30日処理、高温の40°C間断、40





℃48時間継続に無処理のクラウンと根を加え12区について検討した。検定法は各区5株ずつをサンプリングし、細断、混和し、5gとり前試験と同様、水抽出液によるトマトの発芽法を用い、休眠物質の消長など検討した。

## 2. 試験結果および考察

打破効果の異なる株冷や高温処理やエスレルの濃度について休眠物質の消長など体内成分の変化からみよとした。

その結果、第2表・第5図に示すように、エチレンの体外排出量と休眠打破効果とトマトの発芽による休眠物質などの消長との三者はまったく同傾向を示した。

すなわち、打破効果の認められないエスレルの100ppmおよび250ppmでは休眠中の無処理と大差なく、効果が若干認められ、体外排出量も認められる500ppmではトマトの発芽率は40%程度を示し、効果が高く排出量の多い1,000ppmでは80%程度で、休眠物質などの消去したことを示した。

温度処理で打破効果のやや低い株冷の20日間処理や高温間断処理ではトマトの発芽率は30%程度で、効果の高い株冷30日処理や高温継続処理では10%以下で、エスレルの場合と同様打破効果や体外排出量と同傾向を示した。

一方、イチゴの根部は無処理では休眠打破したエスレル1,000ppm処理でもトマトの発芽率はほとんど変わらず根部は常に覚醒しており、休眠に入らないものと思われた。

また打破処理を行なったエスレル1,000ppm処理のクラウン部の抽出液を更に20倍に希釈すると無処理のグナーと同程度になり、トマトの発芽を抑制する物質はある程度以上の濃度が必要であろうと考えられた。

## X 休眠打破処理後の呼吸量の経時変化

以上の試験結果からイチゴの休眠打破には何らかの形で内生エチレンの発生が関与していることが解明できた。そこでエチレンの休眠打破効果の原因などを処理後の呼吸量の経時変化などから検討しようとした。

### 1. 試験方法

試験材料はグナーを用い、12月20日にエスレル1,000ppmと50℃4時間の高温処理を行ない、処理2時間後から2日おきに呼吸量をアルカリ吸着法により測定し、無処理と比較、検討した。

### 2. 試験結果および考察

エチレンにはバナナ、オレンジなどの追熟効果およびナシ、イチジクなどの熟期促進効果が認められており、いずれも果実の呼吸量の増加効果とその主因とされている。

一方、休眠中と覚醒後のイチゴの体内成分の変化についてはLong<sup>21)</sup>らや尾崎や最近では山崎・金井らの研究が

あり、炭水化物類の変化、とくに覚醒によりデンプンが糖化することを報告している。しかしデンプンの糖化が直接休眠覚醒につながるとは考えられないことから、休眠覚醒はエチレンによる呼吸量の増加がデンプンの糖化を促がすなど体内成分の変化を起こすものと思われたので、打破処理後のイチゴの呼吸量の経時変化を検討した。

その結果、第8図に示すように処理当初のエチレン処理区の呼吸量は休眠中の無処理と大差ないが、高温処理ではやや低下し、4日目には大差なくなるが、8日目には休眠打破処理のエスレル1,000ppm処理や高温処理を行なった区では明らかに高まった。

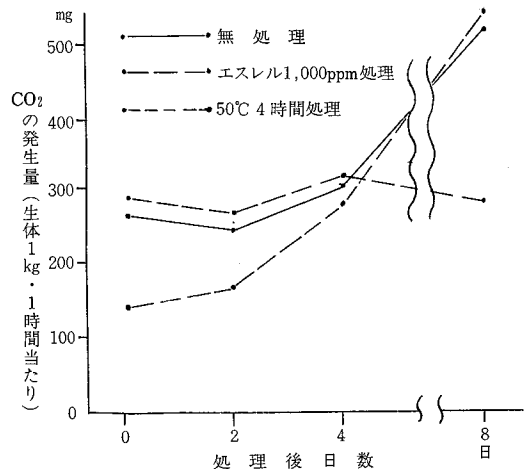
この時期は外見的にもイチゴの新葉が伸長しはじめたところから、呼吸量の増加はエチレンによる直接的影響より、打破処理による生育促進のための二次的増加であり、その結果による体内成分の変化であろうと考えられた。

## XI 総括

イチゴの休眠打破処理を考えるに当たって、休眠を左右するものを物質としてとらえ、その消長や休眠状態および覚醒時の体内の生化学的変化などから休眠覚醒を生理的に解析しようとした。一方、それらを総合し、休眠の生理やケミカルコントロールによる休眠打破法なども合わせて験知しようとした。

従来、イチゴの休眠状態は葉柄長など形態変化を指標にし、表示されてきたが、本報では物質を想定し、その消長など、体内の生化学的変化からとらえようとした。

その方法として休眠状態の異なる春香、芳玉、堀田ワングー、福羽のイチゴ4品種にグナーの休眠打破処理をしたもの、しないものの2区を加え、5品種、1処理、合計6区のイチゴのクラウン部分の水抽出液で、そ業種



第9図 休眠打破処理と呼吸量の経時変化 (12月20日処理)

子の発芽検定を行なった。その結果、トマト種子の発芽状態が最もイチゴの休眠状態に適切に表わし、休眠中のダナーの発芽はきわめてよいが、休眠覚醒後の品種や打破処理を行なった区では、きわめて劣った。これはイチゴの体内における物質の消長など生化学的変化にもとづく、休眠状態の簡易検定法になろうと思われた。

この休眠覚醒したイチゴの抽出液がトマトの発芽を抑制する現象は覚醒時において何らかの物質が生成されたことを示すもので、それが休眠覚醒物質であるか、休眠物質が消去される際の副産物であるかは今後検討したい。

次にこのトマトによるイチゴの休眠状態の生物検定法を用い、自然条件における休眠覚醒経過を検討した。従来は時期別に加温し、イチゴの形態変化に及ぼす影響からとらえるため、休眠の深さは11月下旬から12月上旬をピークとするなだらかな山形を想定し、徐々に覚醒するものと考えられていたが、物質の消長などから見れば1月上旬までは変化がなく、1月中旬に突如として覚醒するものと思われた。1月中旬は低温要求量の5℃以下の遭遇650時間にあたり、現在千葉で行なわれている保温時期と一致した。

しかしイチゴの根の抽出液ではトマトの発芽率は常に悪く、地上部が休眠している時期でも地下部は覚醒し、根部は常に活動しているものと思われた。

そこで、株冷による休眠打破処理の休眠覚醒経過についても、同様の手法を用い検討した。従来は自然条件における休眠覚醒と同様、冷蔵中、徐々に覚醒すると考えられていたが、物質の消長などから見れば打破処理を終了し、ハウス内に定植しても2日間は冷蔵中と大差なく明らかに休眠中であり、3日後に突如として打破されるものと思われた。

この突如として休眠覚醒される現象を解析すると、アブサイシン酸などの休眠物質が徐々に消去されるという従来の考えとはかなり異なり、酵素活性などの生化学的変化が低温遭遇により累積的に加算され、低温要求量が満たされたある高まりで打破されるのか、ある高まりで引金が引かれ、休眠物質を消去する物質が生成されるのか、もしくは休眠覚醒物質が生成されるものと考えられた。

この休眠覚醒に関与する物質を驗知するために、休眠打破に働く高温と低温という相反する温度条件の共通の一次変化を調査した。その結果、いずれも処理終了3日後に2～4 ppmの内生エチレンが継続的に発生することが認められた。この3日後に内生エチレンが発生する現象と先に述べた株冷による休眠打破処理を行なった際3日後に突如覚醒する現象とが日数的にも一致するところから内生エチレンがイチゴの休眠を覚醒させる何らかの働きを有するものと思われた。

そこでエチレンを発生させるエスレルを散布したところ1,000ppmという高濃度で、休眠打破効果が認められた。

植物における内生エチレンの発生機構については不明な点が多いが、パーオキシターゼの活性化がエチレン発生引金の働きをするという報告がある。またパーオキシターゼは低温により活性化するという報告もある。これらの結果や報告などを総合し、考察するとイチゴは低温に遭遇し、体内のパーオキシターゼ活性が高まるとエチレンを発生させ、休眠物質が消去されるなり、休眠覚醒物質が生成され、一方光条件の変化とあいまって自然休眠は解除される。更にハウスなどにより加温された場合、他発休眠も破れるものと考えられた。

1,000ppmのエスレル散布によって、処理後1日目から4～5 ppmのエチレンを発生させ、株冷による打破処理と近似したエチレン発生経過を示した。しかしエスレル処理では処理後50日目頃から、生育は落ち、いわゆる休眠に再突入したものと思われた。そこでエスレル処理後30日目にジベレリンを散布したところ、外見的には矮化を回避することができた。

これらの結果は株冷が単に低温要求量を満たすだけの効果ではなく、暗黒下で低温貯蔵し、保温と同時に光条件の変化を与え、ジベレリン様物質などの生育促進物質の増加を促したことに裏付けられるものと思われた。

このことは休眠打破が単に休眠物質を消去することではなく、同時に生育促進物質を加えることを意味し、エチレンの効果は休眠物質を消去する低温遭遇の代用であり、ジベレリン様物質などの生育促進物質の増加が長日化や強光化などの光条件の変化を代用するものであろうと思われた。この両物質は相対的バランスの上に成立つもので、ケミカルコントロールによる休眠打破を行なう場合、両者の併用を考慮する必要があるものと思われた。

株冷や高温処理やエスレル処理における時間数や濃度によってエチレンの体外排出量が異なり、体外排出量が多いほど、打破効果は高かった。そこで更にトマトの発芽による生物検定法により休眠物質などの消長との関係を見た。その結果、エチレンの体外排出量と休眠打破効果とトマトの発芽による休眠物質などの消長との三者はまったく同傾向を示し、前述の考察を裏付けるものであった。これらの実験のまとめとしてエチレンの休眠打破効果を解明する必要があった。エチレンはバナナやオレンジなどの追熟効果やナシやイチジクなどの熟期促進効果が認められているが、いずれも果実の呼吸量を増加させることがその主因とされている。

そこで打破処理後のイチゴの呼吸量の経時変化を測定した。処理当初のエチレン処理区の呼吸量は休眠中の無処理と大差ないが、8日後に打破処理区は明らかに高まった。この時期は外見的にも打破処理のイチゴの新葉が伸長しはじめたところから、呼吸量の増加はエチレンによる直接的影響より、打破処理による生育促進のための二次的増加であり、その結果、デンプンの糖化などの体

内成分の変化を生じたものと思われた。

エチレンの発生機構や生理作用について多数の報告があるが、事例や現象などまったく正反対の報告もあり、これという定説はまだない。そこでエチレンのイチゴの休眠打破効果について、現在のそれらの報告にもとづき考察した。

エスレルによるキュウリの雌花増加効果は処理により発生したエチレンがオーキシンの分解酵素の活性化やオーキシンの流動低下に働き、キュウリ体内のオーキシンレベルを低下させるためと言われるが、イチゴにおいて休眠物質を想定するならば、休眠物質の流動低下や分解酵素の活性化など、休眠物質のレベルを低下させるためと考えられるが、一方エチレンを含む休眠覚醒物質の生成も考えられた。

## XII 摘 要

1. イチゴの休眠覚醒を体内物質の消長などからとらえ、休眠打破を生理的に解析しようとした。

2. 休眠中のイチゴのクラウン部の抽出液でトマトを発芽させると、発芽はきわめてよいが、覚醒後のイチゴでは強く抑制した。これはイチゴの休眠状態を適確に表示する方法であろうと考えられた。

3. このトマトの発芽によるイチゴの休眠状態を調べる生物検定法を用い、自然条件の休眠覚醒経過を5~10日おきに検定したところ、徐々に覚醒するという従来の報告とは異なり、物質的消長からは1月中旬に急激に覚醒することが認められた。また同様の方法で検定したところ根は休眠に入らないものと思われた。

4. 株冷による休眠打破処理を行ない、トマトの発芽による生物検定法を用い覚醒経過を調べたところ、処理終了後2日間は覚醒しておらず、3日後に覚醒することが認められた。

5. 高温処理(40℃, 48時間)でも、低温処理(0℃, 30日間)より、効果は劣るが、両者とも休眠打破することが認められた。この相反する温度条件のいずれにおいても覚醒時には内生エチレンを発生することが確認できたので、休眠覚醒には何らかの形でエチレンが関与するものと思われた。

6. そこでエチレンを発生させるエスレルを処理したところ、1,000ppmで株冷と同様の打破効果が認められた。しかしこの効果は50日程度であった。

7. エスレルの処理に適する温度条件は日中30~35℃、夜間は10℃以上であろうと思われた。

8. 打破処理による呼吸量の増加は直接発生したエチレンによるものではなく、新葉の発生など打破処理による生育促進のためであろうと思われた。

9. エチレンの打破効果を文献的に考察した。エチレ

ンが休眠物質の分解酵素を活性化させて休眠物質のレベルを低下させるためか、またはエチレンを含む休眠覚醒物質が生成されたためと思われた。

## 引 用 文 献

- 1) Arney, S. E. : Bot. 19, 265-276 (1955)
- 2) Arney, S. E. : Phyton. 7, 89-102 (1956)
- 3) Darrow, G. M. : Proc. Amer. Soc. 34, 360-363 (1937)
- 4) Darrow, G. M. : and G. F. Waldo : Science 77, 353-354 (1933)
- 5) Darrow, G. M. : Science 85, 391-392 (1937)
- 6) Darrow, G. M. : The Strawberry. Holt, Rienhart and Willson (1966)
- 7) Guttridge, C. G. : Nature 178, 50-51 (1956)
- 8) Guttridge, C. C. : S. C. I. Monography No. 31, 157-168 (1968)
- 9) Osuborn, D. J. : S. C. I. Monography No. 31, 236-250 (1968)
- 10) Hartmann, H. T. : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 50, 248-245 (1947)
- 11) 橋本 徹 : 化学と生物, 9, 643-644(1971)
- 12) Jonkers, H. : Meded. Landbouwhogeschool. Wagen. Ned. 65, 1-59 (1965)
- 13) 加藤 昭 : 栃木農試研報, 8, 55-60 (1964)
- 14) 加藤 昭・川里 宏 : 農業技術, 21, 127-129 (1967)
- 15) 加藤 昭・大和田常晴 : 昭和42園芸学会(春)要旨, 166-167 (1967)
- 16) 加藤 昭・大和田常晴・川里 宏 : 昭和46園芸学会(秋)要旨, 110-111 (1971)
- 17) 木村雅行・久富時男・藤本幸平 : 奈良農試研報, 2, 17-23 (1968)
- 18) 木村雅行・藤本幸平 : 奈良農試研報, 3, 29-36 (1971)
- 19) 小林尚武・柴田 進・藤村 良 : 昭和46年園芸学会(秋)要旨, 116-117 (1971)
- 20) 小林尚武・柴田 進・藤村 良 : 昭和47年園芸学会(秋)要旨, 196-197 (1972)
- 21) Long, J. H. : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33, 386-388 (1935)
- 22) 増田芳雄・勝見允行・今関英雄 : 植物ホルモン, P 289-356, 朝倉書店 (1971)
- 23) 水村裕恒・大内良実 : 昭和46年園芸学会(秋)要旨,

- 112-113 (1971)
- 24) 水村裕恒・大内良実：昭和47年園芸学会(秋)要旨, 200-203 (1972)
- 25) Proling, I. C. and D. Boynton : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 78, 261-269 (1961)
- 26) Postharvest Horticulture and Pomology Committees : Amer. Soc. Hort. Sci. 6, (4), 3-40 (1970)
- 27) 李炳駟・杉山直儀・高橋和彦：園学雜, 37, 129-135 (1968)
- 28) 李炳駟・杉山直儀・高橋和彦：園学雜, 39, 232-238 (1970)
- 29) 高井隆次：園試報告, C 4, 73-86 (1966)
- 30) Voth, V. and R. S. Bringhurt : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91, 249-256 (1967)
- 31) 岩堀修一：農および園, 45, 767-772 (1970)



### Summary

1) This study was carried out in order to elucidate the breaking of rest in strawberry plants from physiological point of view, mainly from internal changes in some substances.

2) Tomato seeds were germinated normally even by the addition of small amount of extract from the crown parts of resting strawberry plants. On the contrary, the extract from postrested plants greatly the germination of tomato seeds. This could be assume to be one of the suitable method for determining deepness of the rest.

3) The time course of the breaking of rest in strawberry plants grown under normal condition was investigated at 5 to 10 days intervals with the above mentioned bio-assay. The breaking of rest took place rapidly in the middle of January, although previous investigators found that its process was progressed very slowly.

The extract from roots of resting plants had no inhibitive effect on the germination of tomato seeds. This would suggest that root may continue its growth without rest.

4) The deepness of rest in the strawberry plants which were placed in the cold chamber for 30 days, were examined by using tomato germination method. The plants were still in the rest even 2 days after the exposure to normal temperature.

The breaking of rest, however, was occurred at the 3rd day.

5) The effect of high temperature treatment ( 40°C, 48hrs ) on the breaking of rest was less effective than that of low temperature treatment(0°C, 30days), although both treatments had considerable effect.

Fairly amount of ethylene was detected from the plants which were broken the rest by means of these contradictionary thermal conditions. This would suggest that the breaking of rest was influenced by ethylene more or less in its process.

6) By spraying the ethrel solution at 1000 ppm the plants were broken the rest as well as in the plants of cold storage.

This effect was diminished after above 50 days.

7) Optimal thermal condition for applying ethrel was 30 – 35°C at day and above 10°C at night.

8) Increase in respiration by the breaking of rest did not depend on produced ethylene, but on the rapid development of newly leaves as the result of the breaking of rest.

9) The effect of ethylene on breaking of the rest of the strawberry plants was historically reviewed.

It is assumed that ethylene may act to activate oxidase of rest-inducing substances and may decrease the level of rest-inducing substances, of that substances for breaking the rest including ethylene may synthesize in the strawberry plants.