

イチゴの休眠に関する生理学的研究

III. 低温要求期における温度条件が休眠打破 およびクラウン、根中の生長調節物質に およぼす影響

田辺賢二*・林 真二*・伴野 潔*

昭和59年7月31日受付

Physiological Studies on Dormancy of Strawberry (*Fragaria grandiflora* EHRH.)

III. Influence of Temperature Conditions in the Period of Chilling Requirement on Growth Regulating Substance in Dormant Strawberry Crown and Root

Kenji TANABE, Shinji HAYASHI and Kiyoshi BANNO

In order to clarify the dormancy of strawberry (*Fragaria grandiflora* EHRH.), changes in plant growth regulating substance in the crown and root of dormant strawberry cv. Hokowase with a chilling accumulation were investigated. The results were as summarized as follows.

1. The strawberry plants that satisfied the chilling requirement with a natural chilling duration in an open field or with the condition of 4°C throughout daytime to night in a growth chamber, demonstrated an increase in cytokinin in crown and root and a decrease in ABA (abscisic acid) in crown.

2. The strawberry plant in which chilling accumulated with the condition of daytime 25°C - night 4°C, did not exhibit a decrease in ABA and an increase in cytokinin, though the chilling accumulation required the breaking of dormancy of cv. Hokowase reached 500 hours.

3. GA₃ and GA₄₊₇ were contained in the crown of cv. Hokowase but the relationship between the breaking of dormancy and changes of these GAs with a chilling accumulation were not found.

No relationship between breaking of dormancy and changes of IAA (indoleacetic acid) with a chilling accumulation was found.

4. The results above mentioned imply that the breaking of dormancy with a chilling accumulation on strawberry plants is based on the increase in cytokinin and the decrease in ABA in plants by continuous or narrow range alternative chilling.

* 鳥取大学農学部農学科園芸学研究室

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tottori University

緒 言

イチゴの生理的現象である休眠は、冬季の苛酷な自然環境を生きぬく手段として、秋季の限界日長以下の短日と低温条件によって誘導される。我国で最も多く栽培されているイチゴ品種“宝交早生”は、鳥取地方では10月中旬頃に休眠が誘導され、短日と低温条件の進行に伴って徐々に深まりながら11月中旬頃に最深期に達する⁶⁾。

一度休眠状態に入った株は、温帯の落葉樹と同様に5℃前後の低温に一定時間遭遇することにより打破される。“宝交早生”においては、休眠が完全に打破されるのに5℃以下の低温に450～500時間遭遇することが必要とされている^{2,3,4)}。

一方筆者らは前報⁷⁾において、低温遭遇中に昼間の温度が20℃以上に高まるような条件下では、低温による休眠打破効果が消去され、5℃以下の低温積算時間が450～500時間、あるいはそれ以上になって休眠打破に必要な低温要求量を十分に満しているにもかかわらず、休眠が打破されないことを明らかにした。

低温・短日条件で誘導され、さらに低い低温に遭遇することによって打破される休眠は、樹木の芽の休眠と同様に体内の生長調節物質の動きと密接に関係していると考えられている。

イチゴにおける休眠と生長調節物質との関係については、李⁵⁾、および筆者ら⁸⁾によって調べられている。しかしいずれも秋季から春季における自然状態での大まかな動きについて調査されたものであり、低温遭遇中の詳細な動きについてはまだ調べられていない。

本実験は低温遭遇中のイチゴの株中における生長調節物質の動きを詳細にみるとともに、連続した低温では休眠が打破されるのに対し、低温遭遇中に間歇的に高温が入ると低温の効果が消去される原因を生長調節物質面から明らかにしようとしたものである。

材料および方法

実験は1981年および1983年の11月から翌春の2月にかけて、促成および半促成栽培に最も多く用いられているイチゴ品種“宝交早生”を供試して行った。

1981年においては8月下旬にランナー取りを行い、径15cmの育苗用ポリエチレンポットに植付け、鳥取地方で“宝交早生”の休眠が最も深まる11月中旬まで屋外で養成した。処理は人工気象室、温室および低温貯蔵庫を使用し、露地区、昼夜間4℃区、昼間(8:30～17:30)15℃－夜間(17:30～8:30)4℃区、昼間25℃－夜間4℃区、お

よび温室(15～25℃)区の合計5区を設け、11月中旬より処理を開始した。

温室区を除く4区は、5℃以下の低温積算時間が100、200、300、400および500時間に達した時に10株ずつ堀上げ、クラウンおよび根中のサイトカイニン含量を測定した。低温に遭遇しない温室区においては、昼夜間4℃区と同時に堀上げた。サイトカイニン含量は第1図に示す操作に従い、アルカリ性分画を得た後ダイズカルス検定法により測定した。

1983年においては、8月下旬にウイルスフリーの“宝交早生”ランナーを前年と同様に育苗ポットに植付け、11月中旬まで養成した。処理区は前年とほぼ同様で、昼夜間4℃区、昼間(8:30～17:30)15℃－夜間4℃区、昼間25℃－夜間4℃区および温室(15～25℃)区の計4区を設け、11月中旬より処理を開始した。

温室区を除く処理区の5℃以下の低温積算時間が100、200、300、400および500時間に達した時、それぞれ10株ずつ堀上げてクラウンを80% MeOH で抽出し、第1図に従って酸性およびアルカリ性分画を得た。

GA 含量は酸性分画をイソプロパノール：アンモニア：水=10：1：1の溶媒系でペーパークロマトグラフィーを行った後、矮性イネ短銀坊主による生物検定により求めた。IAA は GA と同じ酸性分画をジアゾメタンでメチル誘導体とした後、ガスクロマトグラフ(検出器 FTD)により測定した。ABA 含量については、酸性分画を前述の IAA と同様に前処理し、ガスクロマトグラフ(検出器 ECD)により測定した。

サイトカイニン含量は、アルカリ性分画を1981年と同様の方法でダイズカルス検定により求めた。

また兩年とも5℃以下の低温積算時間が500時間に達した時に各区とも10株ずつ温室に搬入し、60日間にわたり生育状態を観察し、休眠打破の程度を調査した。

結 果

1. 温度処理と休眠打破の程度

1981年における温度処理終了後の各区の生育を葉柄長×葉幅で示すと第2図のとおりである。自然条件下で低温要求が満された露地区の生長が最も良好で、休眠が完全に打破された春型の草姿を示した。次いで昼夜間4℃区の株が葉柄長、葉幅ともに露地区に近く、休眠の打破された動きを示した。

一方昼間25℃－夜間4℃区では、低温積算時間が500時間に達しているにもかかわらず、全く低温に遭遇していない温室区の株とほとんど同様で矮化の状態を示し、休

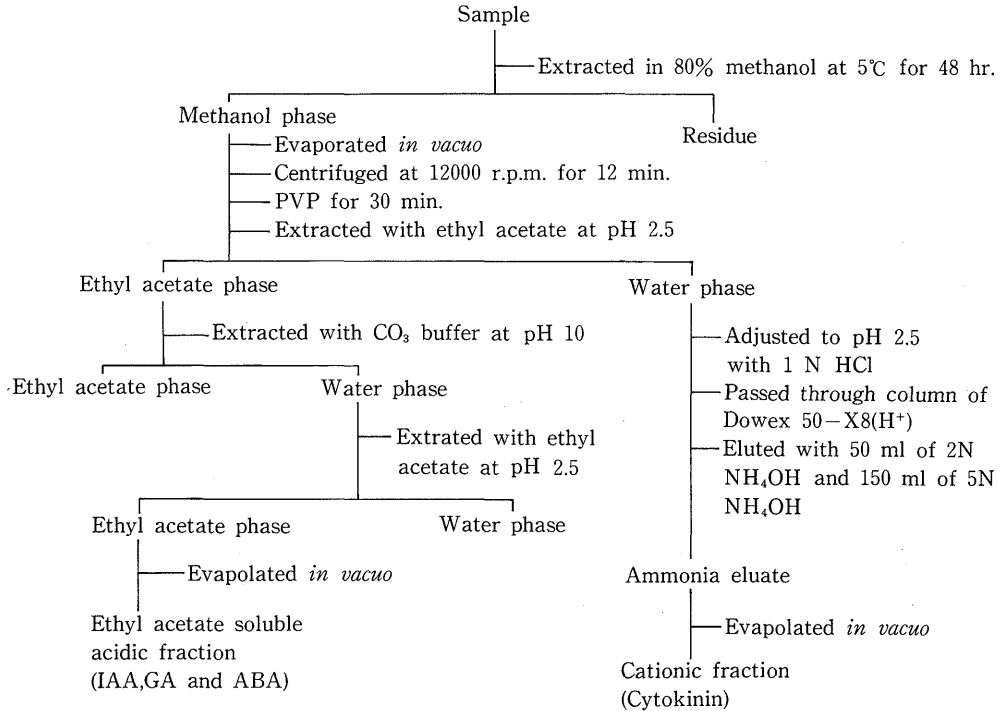


Fig. 1 Flow diagram showing procedures for extraction and separation of auxin, GA, ABA and cytokinin.

眠が打破されていないことが認められた。昼間15℃－夜間4℃区においては、前述の露地区、昼夜間4℃区と温室区、昼間25℃－夜間4℃区との中間的な生育を示した。これらの結果は前報⁷⁾と同じ結果で、低温遭遇中に高温にあうと低温効果が打消され、休眠が打破されないことが再確認された。

2. 低温遭遇に伴う根およびクラウン中のサイトカイニンの動き

低温遭遇時間の増加に伴う根中のサイトカイニンの動きを調べた1981年の結果を示すと第3図のとおりである。処理後最も良好な生育を示し、完全に休眠の打破された草姿を示した露地区と、昼夜間4℃区では、低温遭遇時間の増加に伴いサイトカイニン含量が高まった。特に後者において上昇が著しかった。

一方昼間25℃－夜間4℃区では、100時間頃に一時ピークが認められたものの、以後は温室区と同様に低温遭遇時間の増加と反比例するように減少し、400～500時間の頃には露地区や昼夜間4℃区に比べてはるかに低い値を

示した。昼間15℃－夜間4℃区は前述の諸区の間中間的な値を示した。

次に低温遭遇に伴ってクラウン中のサイトカイニン含量がどのように動くかを調べた1981年の結果は第4図のとおりである。処理後最も旺盛な春型の生育を示した露地区においては、低温遭遇時間が100時間から300時間にかけて急激にサイトカイニン含量が増加し、その後減少したものの低温遭遇時間500時間の処理終了時には、昼夜間4℃区とともに他区より高い値を示した。

昼夜間4℃区では、低温遭遇時間が300時間の頃より含量が増加し、以後ほぼ一定の値を示していた。

昼間25℃－夜間4℃区では、全く低温に遭遇しない温室区とはほぼ同じ動きを示し、低温遭遇時間が長くなっても露地区や昼夜間4℃区に比べて低い値であった。昼間15℃－夜間4℃区は前述の各区の間中間的な動きを示した。

同様の実験を行った1983年の結果を示すと第5図のとおりである。昼夜間4℃区では前年の結果と同様に低温

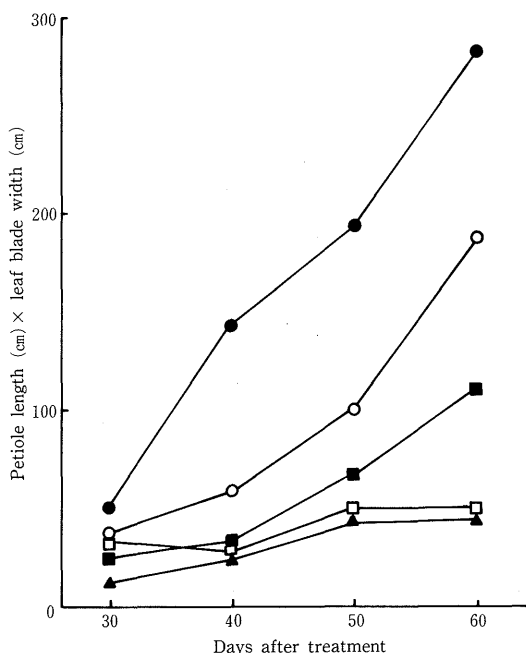


Fig. 2 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on the growth of strawberry cv. Hokowase after treatment (1981).

- Open field chilling
- Daytime and night 4°C
- Daytime 15°C–night 4°C
- Daytime 25°C–night 4°C
- ▲ Green house (15~25°C)

に遭遇することによりサイトカイニン含量が著しく増加した。昼夜4°C区に次いで休眠打破効果の認められた昼間15°C–夜間4°C区では、処理によりサイトカイニン含量の増加が認められたが、前者の区に比べてはるかに低い値であった。

一方昼間25°C–夜間4°C区では低温遭遇の初期に一時的に増加したものの、その後は温室区と同じ動きを示し、“宝交早生”の休眠打破に必要とされる低温遭遇時間500時間に到達しても、昼夜間4°C区のような含量には増加せず、きわめて低い値のままであった。

3. 低温遭遇に伴うクラウン中のGAの動き

各処理区のクラウンにおけるGA₄₊₇様物質の動きをみた結果は第6図に示すとおりである。昼夜間4°C区では処理によりやや増加し、200時間頃にピークを示した後徐々に減少した。昼間25°C–夜間4°C区では処理開始後に著しい含量の増加が認められた。しかしその後は低温

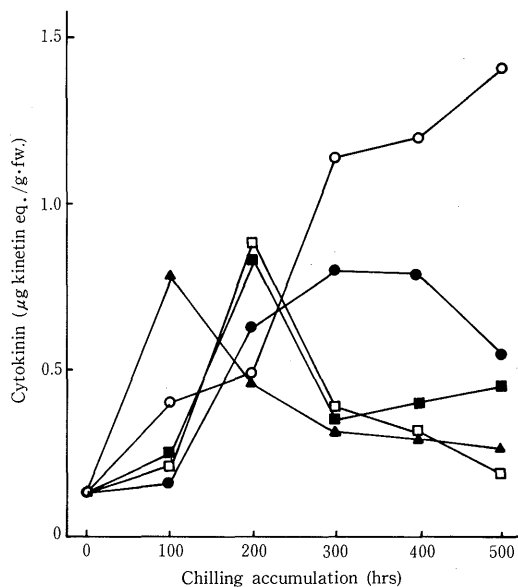


Fig. 3 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on cytokinin contents in the root of strawberry cv. Hokowase (1981)

- Open field chilling
- Daytime and night 4°C
- Daytime 15°C–night 4°C
- Daytime 25°C–night 4°C
- ▲ Green house (15~25°C)

遭遇時間の長くなるのに伴い急速に減少した。昼間15°C–夜間4°C区においては、低温に遭遇していない温室区とほぼ同様の動きを示し、200時間から300時間にかけて急速に減少した。

処理終了後の各区の含量を比較すると、昼夜間4°C区が最も多く、昼間15°C–夜間4°C区と温室区が最も少なかった。昼間25°C–夜間4°C区はそれらの中間であった。

次に低温遭遇に伴うクラウン中のGA₃様物質の動きをみた結果は第7図のとおりである。いずれの処理区においても処理開始後減少したが、低温遭遇の全くない温室区でも減少し、処理間にほとんど差が認められなかった。

4. 低温遭遇に伴うクラウン中のIAAの動き

各処理区におけるクラウン中のIAAの動きをみた結果、第8図のとおりであった。昼夜間4°C区においては、処理により急速に減少し、低温遭遇時間が100時間程度のごく初期にほとんど認められなくなった。またこれよりやや遅れて他の3区も減少した。しかし処理区間の差お

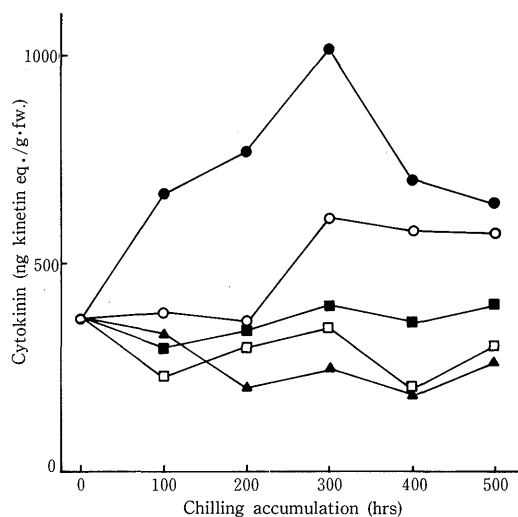


Fig. 4 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on cytokinin contents in the crown of dormant strawberry cv. Hokowase (1981).

- Open field chilling
- Daytime and night 4°C
- Daytime 15°C-night 4°C
- Daytime 25°C-night 4°C
- ▲ Green house (15~25°C)

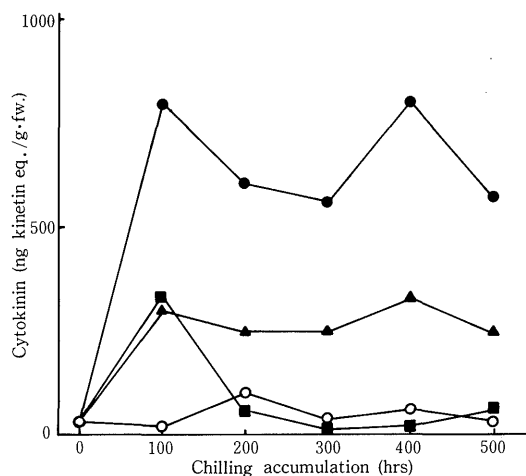


Fig. 5 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on cytokinin contents in the crown of dormant strawberry cv. Hokowase (1983).

- Daytime and night 4°C
- ▲ Daytime 15°C-night 4°C
- Daytime 25°C-night 4°C
- Green house (15~25°C)

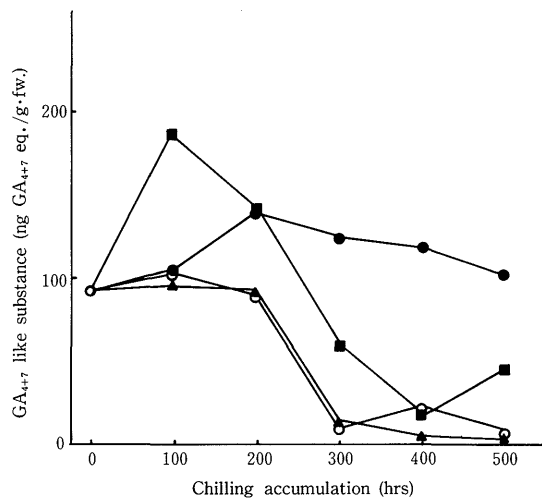


Fig. 6 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on GA₄₊₇ like substance in the crown of dormant strawberry cv. Hokowase (1983).

- Daytime and night 4°C
- ▲ Daytime 15°C-night 4°C
- Daytime 25°C-night 4°C
- Green house (15~25°C)

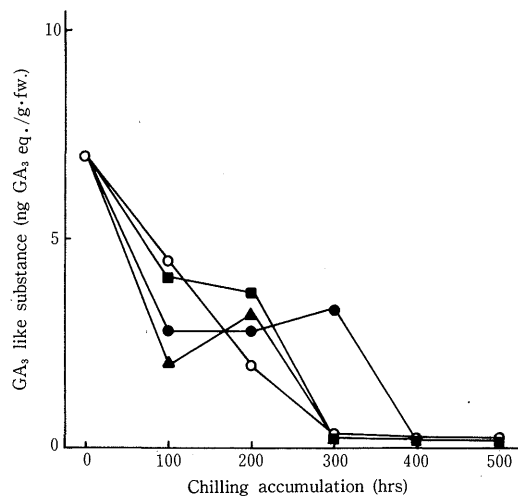


Fig. 7 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on GA₃ like substance in the crown of strawberry cv. Hokowase (1983).

- Daytime and night 4°C
- ▲ Daytime 15°C-night 4°C
- Daytime 25°C-night 4°C
- Green house (15~25°C)

よび低温遭遇との関連は見出し難かった。

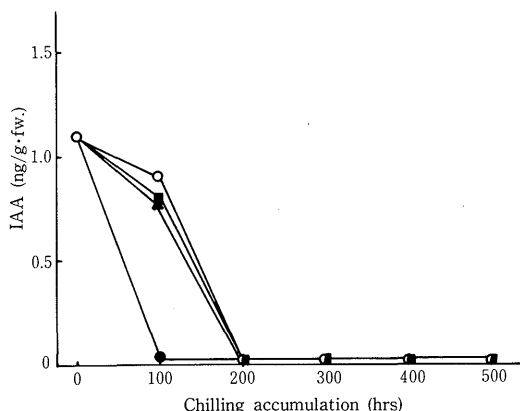


Fig. 8 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on IAA contents in the crown of strawberry cv. Hokowase (1983).

- Daytime and night 4°C
- ▲ Daytime 15°C - night 4°C
- Daytime 25°C - night 4°C
- Green house (15~25°C)

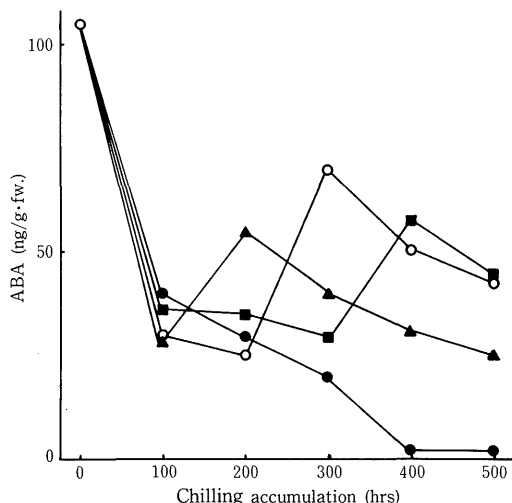


Fig. 9 Influence of temperature conditions in the period of chilling requirement on ABA contents in the crown of strawberry cv. Hokowase (1983).

- Daytime and night 4°C
- ▲ Daytime 15°C - night 4°C
- Daytime 25°C - night 4°C
- Green house (15~25°C)

5. 低温遭遇に伴うクラウン中のABAの動き

各処理区のクラウン中におけるABA含量の推移をみた結果、第9図のとおりであった。低温に全く遭遇しない温室区においては、処理開始時に比べてやや少なくなったものの、他の区に比べると処理終了時にも著しく高い値であった。これに対して昼夜間4℃区においては、低温積算時間の長くなるに伴い、ABA含量は明らかに減少し、低温遭遇時間400時間以後の低温要求量がほぼ満される頃にはほとんど認められなくなった。

一方昼間25℃-夜間4℃区においては、処理直後から300時間にかけての低温遭遇前期には減少の傾向を示したが、その後“宝交早生”の低温要求をほぼ満足させる400~500時間の低温遭遇後期には、昼夜間4℃区の動きとは異りむしろ増加する傾向を示した。

昼間15℃-夜間4℃区では低温遭遇時間の増加に伴い、徐々に減少し、昼夜間4℃区と昼間25℃-夜間4℃区、温室区の中間の動きを示した。

考 察

イチゴの休眠に入った状態は、落葉樹の冬芽とは異り、適温条件下におけばいつでも生長を始める。しかし新しく展開する葉は小型で葉柄も短かく濃緑を呈し、また花房も短かく、いわゆるロゼット状(rosette)を呈する。このように適温下におかれた場合にもロゼット状の生長を示す原因は、休眠誘導に伴い生長抑制物質が生成され、また生長促進物質が減少することによって考えられている。しかしイチゴにおいてはまだその実体がほとんど明らかにされていない。

樹木の芽においては、GA処理により休眠中の芽が萌芽することから、GAが休眠打破に関係する生長調節物質と考えられている。しかしイチゴの場合は休眠した株にGA₃の10~25ppm液を散布することにより、一時的には休眠の打破された草姿となるがすぐもとのロゼット状の生長にもどる。したがってイチゴにおいてはGA₃のみが休眠打破に関係しているとは考えにくい。

本実験の結果、低温遭遇後にみられる株の生長の様相すなわち休眠打破の程度と、クラウンおよび根中の生長調節物質の間にはGAよりもサイトカイニンおよびABAにおいて明らかな関係が認められた。すなわち自然低温で低温要求が満され、完全に休眠が打破された露地区、昼夜間4℃の低温遭遇した昼夜間4℃区では、低温遭遇に伴いクラウン、根中にサイトカイニンが増加した。しかし昼間25℃-夜間4℃区では、休眠打破の目安とされる低温積算時間が500時間に達しても、サイトカイ

ニンは前述の2区ほどに増加せず、低温に全く遭遇しない温室区と同様に低く推移した。一方ABAについてみると昼夜間4℃区では、低温遭遇時間の長くなるのに伴い急速に減少し、休眠打破の目安となる低温積算時間500時間の頃にはほとんど認められなくなった。これに対し、昼間25℃-夜間4℃区では低温に遭遇しない温室区とほぼ同様の動きを示し、低温積算時間が500時間に達しても減少しなかった。

他方GAについては、実際栽培にはGA₃が使用されているが、クラウン中にはGA₃とGA₄₊₇の2種類が認められ、後者の方が前者より多かった。低温遭遇中のクラウンにおけるこれらの動きをみると、GA₄₊₇では休眠打破とやや関連ある動きが認められたがGA₃においては処理区間および休眠打破に何ら関連ある動きはみられなかった。

IAAについてもGA₃と同様、低温遭遇に伴う休眠打破に関連した動きは認められなかった。

以上のように、イチゴの低温遭遇による休眠打破は、低温によりGAが増加するのではなく、まず低温に遭遇することにより生長抑制物質であるABAが減少し、また一方では細胞分裂やタンパク合成に関与するサイトカイニンが低温遭遇により増加することが密接に関係していると考えられる。

他方低温遭遇中に高温によって低温が中断されると、昼間25℃-夜間4℃区のように休眠が打破されず、ロゼット状を呈するのは、ABAの減少が高温により阻害され、一方ではサイトカイニンの増加が阻害されることに基づくものと考えられる。

休眠中の株にGA散布処理を行った場合、一時的にしか打破された草姿とならないのも、株中のABAが減少し、サイトカイニンが増加する素地ができていないことに基づくものと思われる。生長調節物質的には、低温遭遇によってまずABA減少、サイトカイニン増加が誘導され、それによってGAの作用しやすい素地ができて上るものと推察される。

摘 要

イチゴにおける休眠現象を生理学的に明らかにするため、自然条件で休眠の誘導された“宝交早生”の低温遭遇中におけるクラウンおよび根中の生長調節物質の動きを調べた。結果を要約すると次のようである。

1. 自然低温および昼夜間4℃で低温要求が満された株においては、サイトカイニンが増加しABAが減少した。

2. 昼間25℃-夜間4℃の温度条件で低温遭遇した株においては、低温遭遇時間が休眠打破の目安とされる500時間に達してもABAが減少せずまたサイトカイニンは増加しなかった。

3. GAはGA₃とGA₄₊₇の2種類認められたが、いずれも低温遭遇による動きと休眠との間に明らかな関係は認められなかった。IAAについても休眠と関連した動きは認められなかった。

4. 以上のことから、低温遭遇により休眠が打破されるのは、まず低温によりサイトカイニンが増加し、ABAが減少することにより、GAが作用しやすい素地がつくられることに基づくと考えられた。

文 献

- 1) 藤伊 正：植物生理講座4. 朝倉書店、東京(1973) p. 188
- 2) 本多藤雄：生理生態からみたイチゴの栽培技術。誠文堂新光社、東京(1977) pp. 245~247
- 3) 香川 彰：イチゴ栽培の理論と実際。誠文堂新光社、東京(1971) pp. 46-48
- 4) 木村雅行・久富時男・藤本幸平：園芸学会昭和43年度春季大会研究発表要旨、132-133 (1971)
- 5) 李 炳駟：植物の化学調節、5 51 (1970)
- 6) 田辺賢二・林 真二・平田尚美・山本雄慈：鳥大農研報、28 1-9 (1976)
- 7) 田辺賢二・林 真二・平田尚美：鳥大農研報、31 9-15 (1979)