

植物の休眠とアブシジン酸

野菜・茶業試験場生理生態部 生殖生理研究室 山崎 博子

1. はじめに

植物の休眠とは動物のような運動性をもたない植物が不適な環境条件を生き延びるための適応現象のひとつである。代表的な休眠器官として種子、木本植物の休眠芽、および鱗茎、球茎、塊茎などの栄養繁殖器官があり、休眠中これらの器官は、活発な生育期にある時よりも著しく強い環境耐性を示す。休眠は本来厳しい自然条件を克服するための適応手段であり種の保存にとっては非常に重要な現象であるが、農業的にはあまり歓迎されない現象であり、種子については休眠を持たない品種への選抜が、また、果樹や球根類については休眠を制御する技術の開発が行われてきている。このような実用的な研究とともに休眠のメカニズムを解明しようとする研究もこれまでに数多く行われ、休眠における植物ホルモンの関与を示唆する研究がかなりある。アブシジン酸は休眠との関わりについて最も研究が進んでいる植物ホルモンであるが、休眠への関与についてはこれまでに賛否両論さまざまな結果が得られている。そこで、ここでは休眠におけるアブシジン酸の関与についてこれまでの研究をとりまとめた。

2. 休眠とは

休眠とはよく使われる言葉であるが、その定義や用語については従来かなりの混乱があり、

分野ごとに、あるいは研究者ごとに異なって用いられている。休眠の定義については大きく分けて2通りの考え方がある。田口は休眠を「健全な植物体あるいは植物器官が生長に必要な物理的ならびに化学的な外界条件がすべて与えられても、生長が一時停止している現象」と定義している¹⁾。この定義に従えば、低温や乾燥など外界条件が不適当であるために一時生長を停止しているような場合は休眠には含まれない。このような考え方は主に種子休眠の研究分野でみられ、外界条件が不適当であるために発芽が阻まれている状態は、休眠ではなく休止と呼ばれている。

これに対して休眠器官自身に存在する原因によって生長の一時停止が起こるような場合を自発休眠（自然休眠）、外界条件に原因がある場合を他発休眠（強制休眠）と呼び、両者を含めて休眠とする考え方もある。木本植物の芽の休眠の研究分野ではこのような考えに基づいて休眠という言葉が使用されることが多く、芽の生長が停止する時期や状態によって冬休眠（自発休眠）、後休眠（他発休眠）、夏休眠（前休眠）といった言い方もあり、休眠に関する用語の統一は行われていない。

休眠に関する用語法の混乱は英語圏でも生じており、Langらは、このような混乱が休眠研究の発展を妨げる一因であるとして新しい用語

表-1 休眠に関する用語の分類

Lang らによる新用語	これまでに使用されている用語	対応する日本語
Endodormancy	deep dormancy, induced dormancy, true dormancy, winter dormancy, dormancy, rest, main rest	休眠, 自発休眠, 自然休眠, 冬休眠
Paradormancy	correlative dormancy, summer dormancy, preliminary rest	前休眠, 夏休眠
Ecodormancy	imposed dormancy, post-dormancy, after-rest, post-rest, quiescence	他発休眠, 強制休眠, 休止

の使用を提案している(表-1)²⁾。ここでは、単に休眠という場合には自発休眠をさすものとした。

3. アブシジン酸研究の歴史

植物の休眠に関してこれまでに膨大な研究が行われているにもかかわらず、休眠のメカニズムに関する結論は未だに得られていない。休眠のメカニズムについての基本的な考え方は、以下の2つに大別することができる³⁾。ひとつは、休眠は少数の要因によって制御される現象であり、植物ホルモンがその制御に関して中心的な役割を持っているとする考え方である。植物ホルモンの発見以来、この考え方は休眠生理研究における主流となっており、種子休眠の研究分野において、この考えを証明する多くの証拠が得られている。これに対して、休眠は多くの要因によって制御される複雑な現象であり、植物ホルモンの役割は末梢的でしかないという考え方がある。この考え方はフランスを中心に木本植物の芽の休眠研究から発達し、核酸代謝や細胞膜の透過性などが休眠状態の生化学的なマーカーとなる可能性が示されている³⁾。

休眠が植物ホルモンによって制御されていることを示唆した初期の研究としては、Hem-berg らのジャガイモの休眠についての研究が

有名であり、彼らはジャガイモの塊茎の休眠は塊茎の周皮に存在する生長阻害物質によって制御されていると考えた⁴⁾。ほぼ同じ頃に、数多くの植物抽出物中に inhibitor β と呼ばれる生長阻害物質が存在することが報告され⁵⁾、植物の休眠は生長阻害物質によって調節されているという考えが広まった。

短日条件で休眠芽を形成するカエデやカバノキなどの木本植物の休眠について研究していた Wareing らのグループは、セイヨウカジカエデの葉や芽の抽出物中の生長阻害活性が短日条件で増加すること、短日条件で育てたカバノキの葉の抽出物によって長日条件で生育中のカバノキに休眠芽を誘導できることを報告した^{6), 7)}。彼のグループはこの生長阻害活性を示す抽出物から最も高い活性をもつ物質を精製して、休眠物質という意味でドーミン(dormin)と命名した。

Wareing らの研究とほぼ同時期に異なる2つの研究グループによってワタとキバナハウチワマメの落果促進物質が発見された。Cornforth らによってこれらの3つの物質は同一物質であることが確認され⁸⁾、この物質に対して1968年の第6回国際植物生長物質会議でアブシジン酸という統一名称が与えられた。その後、それまでに休眠との関係が指摘されていた in-

hibitor β の性質がアブシジン酸のそれと類似していることが明らかになり⁹⁾, アブシジン酸が inhibitor β の主要成分であると考えられ, 休眠を制御する物質としてアブシジン酸に注目が集まるようになった。

アブシジン酸が植物の休眠を制御するという Wareing らの仮説が出されて以降, 多くの実験がこの仮説を証明するために行われている。休眠とアブシジン酸の関係を解明するための最も一般的な手法として, アブシジン酸研究の初期には多くの植物の休眠状態と内生アブシジン酸含量の関係が調査された。これらの実験の多くはアブシジン酸の休眠への関与を肯定しているが, 関与を否定する結果もかなりある。また, 初期の実験は生物検定による定量がほとんどで, 信頼性に問題がある場合も少なくない。

アブシジン酸処理が休眠の誘導や維持に与える影響についても多くの実験が行われ, 種子および胚の発芽が, アブシジン酸処理によって抑制されることが多くの植物で報告されている^{10), 11), 12), 13)}。しかし, 木本植物の芽の休眠の誘導や維持に対するアブシジン酸の効果については有効とする報告もあれば無効とするものもあり, 評価が分かれている^{14), 15)}。このようにアブシジン酸含量と休眠の関係や処理効果に関する実験では, 賛否両論さまざまな結果が得られており, Walton は, 休眠におけるアブシジン酸の関与は明らかに証明されても否定されてもいないと述べている¹⁶⁾。

表-2 アブシジン酸に関する突然変異体

植 物 体	ア ブ シ ジ ン 酸 欠 損 変 異 体	アブシジン酸感受性変異体
アラビドプシス	<i>aba</i>	<i>abi 1, abi 2, abi 3</i>
エ ン ド ウ	<i>wilty (wil)</i>	
ジャガイモ	<i>droopy (dr)</i>	
トウモロコシ	<i>vp 2~vp 9</i>	<i>vp 1</i>
ト マ ト	<i>notabilis (not), flacca (flc), sitiens (sit)</i>	

初期のアブシジン酸についての休眠研究が, 内生量の測定と処理効果の評価に偏っていたのに対して, 最近では新しい研究のアプローチもみられる。植物におけるアブシジン酸の生合成経路については, セスキテルペノイド経路(直接経路)説とカロチノイド経路(間接経路)説があり, 現在, カロチノイド経路説が有力視されている¹⁷⁾。カロチノイド生合成阻害剤である fluridone¹⁸⁾には, 植物の内生アブシジン酸含量を低下させる作用があることが知られている。最近では, fluridone を利用した実験によって, ヒマワリの種子休眠¹⁹⁾, ジャガイモの塊茎休眠²⁰⁾およびユリの鱗茎休眠²¹⁾などでアブシジン酸の関与を支持する証拠が得られている。

アブシジン酸に関する突然変異体として, 野生型に比べて内生アブシジン酸含量が低いアブシジン酸欠損変異体とアブシジン酸に対する反応性が低いアブシジン酸感受性変異体が, アラビドプシス, トウモロコシおよびトマトなどで得られている(表-2)。Karssen らは, これらの突然変異体の利用がアブシジン酸の役割解明に非常に有効であることを示している²²⁾。

4. 種 子 の 休 眠

植物の休眠についてアブシジン酸の生理学的な研究が最も進んでいるのは種子休眠の分野である。種子休眠の実験の対象は, 草本植物と木本植物の2つに分けることができる。草本植物の分野では, 種子成熟および早熟発芽とアブシ

ジン酸の関係についての研究が多く行われ、木本植物の分野では、休眠打破に低温を必要とする温帯性木本植物の種子休眠が主要な研究対象となっている。

(1) 草本植物

種子の成熟時にアブシジン酸含量が急激に増加しその後低下することが、コムギ、エンドウ、インゲンマメおよびヒマワリなどの多くの植物で認められている^{23), 24), 25), 26)}。コムギの穎果のアブシジン酸含量は、乾物の蓄積とともに増加し、その後穎果の乾燥とともに急激に減少した²³⁾。この場合、穎果のアブシジン酸含量と穎果および胚の発芽力との間に負の相関関係が認められた。アブシジン酸含量と胚の発芽力に負の相関関係があることは、コムギ以外にもダイズやインゲンマメで認められており^{27), 28)}、このような事実からアブシジン酸は早熟発芽の抑制に関与しているのではないかと考えられている。また、アブシジン酸処理は多くの植物の種子や胚の発芽を抑制し、種子貯蔵タンパク質の蓄積を促進することが報告されており^{10), 11), 12), 13)}、これらの事実もアブシジン酸の早熟発芽抑制への関与を示唆している。

草本植物の種子については、アブシジン酸に対する感受性に関する研究がかなり行われている。コムギの休眠性品種と非休眠性品種の穎果の成熟時のアブシジン酸含量には大きな差はなかったが、胚の発芽は非休眠性品種より休眠性品種の方が低濃度のアブシジン酸によって抑制された²⁹⁾。また、後熟後の非休眠状態のコムギの胚の発芽を抑制するためには、後熟前の休眠胚の場合より 100 倍から 1,000 倍のアブシジン酸が必要であった¹²⁾。これらの結果が示すように、一般にアブシジン酸に対する種子および胚の感受性は休眠が浅くなるほど低下すると考え

られている。

カロチノイド生合成阻害剤である fluridone を利用してアブシジン酸の種子休眠への関与が証明されている。fluridone 処理によってトウモロコシ種子の穂発芽が誘導されることが報告されている³⁰⁾。ヒマワリの胚のアブシジン酸含量は種子の発達初期に増加するが、fluridone 処理はアブシジン酸の増加を抑制した(図-1)。また、ヒマワリ種子は成熟後に休眠を獲得するが、種子発達初期の fluridone 処理によって休眠の獲得が妨げられた²⁶⁾。発芽力の高い発達初期のヒマワリ胚の発芽はアブシジン酸存在下

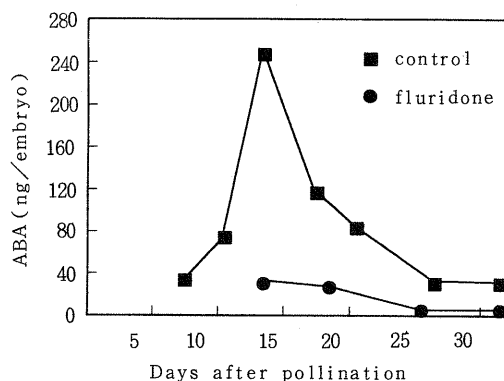


図-1 ヒマワリ胚のアブシジン酸含量の変化と fluridone 処理の影響

(LePage-Degivry et al., 1990 改)

で抑制され、休眠を獲得した発達後期の胚の発芽は fluridone 存在下で促進された¹⁹⁾。

前述したようにいくつかの植物でアブシジン酸欠損変異体やアブシジン酸感受性変異体が得られている。これらの突然変異体を利用した実験によって、アブシジン酸が種子の休眠や早熟発芽に関与することを支持する以下のような証拠が得られている。トウモロコシには穂発芽性 (vivipary) を示すいくつかの突然変異体 (vp) が知られているが、それらはアブシジン酸感受性変異体か、または、アブシジン酸欠損

変異体である³¹⁾。アラビドプシスの野生型の種子は成熟にともなって休眠を獲得するが、アブシジン酸欠損変異体 (*aba*) やアブシジン酸感受性変異体 (*abi3*) の種子は休眠性を持たない (図-2)²²⁾。トマトのアブシジン酸欠損変異 (*sit*) の収穫時の種子のアブシジン酸含量は野生型の 1/10 程度であり、過熟果実中で発芽する³²⁾。また、アラビドプシスの野生型と *aba* 変異体の正逆交雑実験によって、種子中のアブシジン酸の起源は母方と胚の両方であるが、休眠

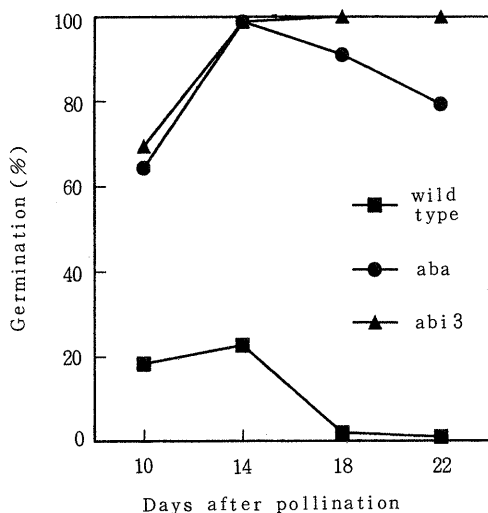


図-2 アラビドプシスのアブシジン酸突然変異体種子の早熟発芽

(Karssen et al., 1990 改)

は胚起源のアブシジン酸によって誘導されることが明らかにされている³³⁾。

(2) 木 本 植 物

温帯性木本植物の種子は夏から秋にかけて成熟するので、成熟直後の発芽はその後の生育には不適である。温帯性木本植物の種子は、発芽に数週間の冷湿処理 (stratification) を必要とするものが多く、この点で休眠打破に低温を必要とする芽の休眠と類似しており、これらの 2 つの休眠器官は休眠打破に関して同じメカニズムを持っていると考えられている³⁴⁾。休眠

打破に低温を必要とする種子休眠については、リンゴやカエデ属植物で多くの研究蓄積がある。リンゴ種子のアブシジン酸含量は冷湿処理中に低下し、アブシジン酸処理による発芽阻害効果は冷湿処理が進むにつれて低下した³⁵⁾。培養したリンゴの休眠胚を発芽力によって 3 段階に分類した場合、発芽力の低いリンゴ胚には発芽力の高い胚より多量のアブシジン酸が存在した³⁶⁾。ヨーロッパカエデの胚中のアブシジン酸含量は冷湿処理が進むにつれ低下し、胚および種子の発芽力と負の相関を示した³⁷⁾。このような結果は、アブシジン酸が休眠打破に低温を必要とする種子の休眠に関与していることを支持している。しかし、ヨーロッパカエデでは、冷湿処理を行わない休眠種子でも胚中のアブシジン酸含量は冷湿処理をした種子と同様の低下が認められている³⁷⁾。

5. 芽 の 休 眠

アブシジン酸の発見に関わる Wareing らの研究によって、短日条件で休眠芽を形成するカエデやカバノキなどの木本植物は、短日条件で葉および芽のアブシジン酸含量が増加し、アブシジン酸によって休眠が誘導されると考えられた。しかし、短日条件で芽のアブシジン酸が増加すること、およびアブシジン酸処理によって休眠芽が誘導されることは、その後の多くの実験によって確認することができなかった¹⁵⁾, ³⁸⁾, ³⁹⁾, ⁴⁰⁾, ⁴¹⁾。また、サワーチェリーでは摘葉処理は花芽のアブシジン酸含量の増加を抑制したが、休眠には影響しなかった⁴²⁾。このような実験結果から、現在では芽の休眠誘導におけるアブシジン酸の役割については疑問を持つ研究者が多い。

木本植物の芽の休眠は一定の低温期間を経過

することによって打破される。低温遭遇時のアブシジン酸含量の変化について多くの研究が行われ、それらの多くで低温によってアブシジン酸含量が低下することから、低温によるアブシジン酸の減少が休眠覚醒を引き起こすという仮説が導かれている³⁴⁾。しかし、これらの実験では対照として非低温遭遇区を設定していない場合が多く、非低温遭遇区(24℃)を設けたリンゴ苗の実験では、芽の休眠は低温遭遇区(4℃)でのみ打破されたが、両区のアブシジン酸含量にはほとんど差がなかった⁴³⁾。培養したリンゴ芽の生長は培地へのアブシジン酸添加によって抑制されるが、休眠芽より非休眠芽の方がアブシジン酸の効果が低いことから、低温によってアブシジン酸に対する芽の感受性が低下するとも考えられる⁴³⁾。Powell は芽のアブシジン酸含量と低温の関係について、多くの木本植物の芽のアブシジン酸含量は低温になる冬期に減少するが、低温がアブシジン酸減少の原因であるとは断定できないと述べている³⁴⁾。

アブシジン酸の休眠の維持における役割を明らかにするために、アブシジン酸処理が萌芽に及ぼす効果が調べられている。アブシジン酸処理は萌芽抑制に有効であるという報告もあるが^{44), 45)}、かなり高濃度の処理でも萌芽抑制に影響しないという報告も多くある^{34), 46)}。アブシジン酸処理の効果には芽の生理状態が影響し、芽の生長活性が低い時にはアブシジン酸による抑制効果が高いと言われている³⁴⁾。

6. 栄養繁殖器官の休眠

他の休眠器官に比べると栄養繁殖器官の休眠に関する研究例は少なく、生理的な研究の蓄積は遅れている。ジャガイモの塊茎の休眠が周皮に存在する生長阻害物質によって制御されてい

るという Hemberg らの説が提唱されて以来、グラジオラス、ヒヤシンス、サフランおよびアイリスなどの球根類の貯蔵中の植物ホルモンの変化が調査され、栄養繁殖器官の休眠への植物ホルモンの関与、特に生長促進物質と生長阻害物質のバランスが重要であるという考えが示唆された⁴⁷⁾。グラジオラスの球茎の休眠は低温処理によって打破されるが、低温処理した球茎では低温処理していない球茎に比べて明らかなアブシジン酸含量の低下が認められた^{48), 49)}。しかし、これらの結果のほとんどは生物検定によって得られたものであり、休眠への植物ホルモンの関与を証明する十分な証拠とは考えられていない。

機器分析によるアブシジン酸の定量の結果、タマネギおよびワケギの鱗茎中のアブシジン酸含量と休眠状態に関係があること(図-3)^{50), 51)}、および休眠打破処理によってワケギの鱗茎中のアブシジン酸含量が急激に低下すること⁵²⁾が示されている。アブシジン酸が抽出したタマネギの芽に及ぼす効果については、生長を抑制するという報告と生長には影響しないという報告がある^{53), 54)}。葉の切除によって低下したジャガイモの小塊茎のアブシジン酸含量は、再生

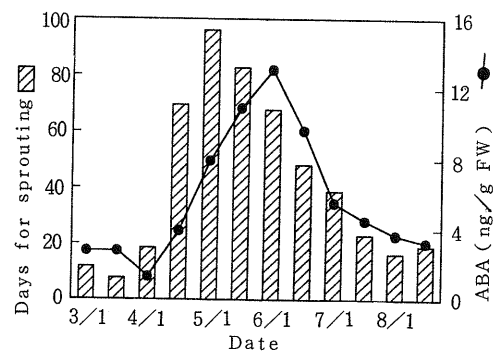


図-3 ワケギの鱗茎のアブシジン酸含量と萌芽日数の変化

(Yamazaki et al., 1995改)

長条件 (35℃) では低レベルを維持したが、塊茎形成条件 (20℃) では再び増加した⁵⁵⁾。

最近、カロチノイド生合成阻害剤である fluridone を用いた実験によって、栄養繁殖器官の休眠へのアブシジン酸の関与を示す証拠が得られている。fluridone 添加培地で形成されたジャガイモの小塊茎のアブシジン酸含量は低く、休眠を持たないが、培地へのアブシジン酸の添加によって fluridone の効果は抑制された (表-3)²⁰⁾。ユリの鱗片培養において、培地への fluridone の添加は形成された鱗茎のアブシジン酸含量を低下させ、休眠の獲得を抑制したが、培地へのアブシジン酸の添加は fluridone の効果を打ち消し、休眠獲得に作用した²¹⁾。

表-3 ジャガイモの小塊茎の萌芽に及ぼす fluridone およびアブシジン酸の影響

(Suttle & Hultstrand, 1994 改)

処 理	萌芽率 (%)
対 照	2
Fluridone	78
Fluridone + ABA	27

ジャガイモの塊茎休眠に関しては比較的多くの研究例があり、アブシジン酸含量と休眠の関係^{55), 56)} や fluridone を用いた実験結果²⁰⁾ からアブシジン酸の休眠への関与が考えられる。しかし、他の栄養繁殖器官についてのアブシジン酸に関する研究蓄積は断片的であり、内生量に関する情報も機器分析の発達以前に得られたものが多く、アブシジン酸の休眠における役割を明らかにするためには今後研究を重ねていく必要があると考えられる。

7. お わ り に

アブシジン酸は休眠と最も関係があると考え

られている植物ホルモンであり、これまでにアブシジン酸と休眠の関わりについて数多くの研究が行われている。多くの植物について内生アブシジン酸含量と休眠状態の関係やアブシジン酸処理による効果が調査された結果、種子発達におけるアブシジン酸含量の変化、アブシジン酸処理による種子および胚の発芽抑制、および冬期の芽のアブシジン酸含量の低下など多くの植物に共通する現象が明らかになった。アブシジン酸の休眠への関与については賛否両論あり、結論は未だに出されていないが、種子休眠の分野ではアブシジン酸が早熟発芽抑制に関与していることを示す実験的証拠が多数得られている。芽や栄養繁殖器官の休眠については、実験対象が種子と比べて扱いにくいことなどから、種子休眠の分野ほど明確な解答は得られていない。

アブシジン酸に限らず植物ホルモンの生理を研究する場合、内生量の測定や処理効果の確認が最も一般的な手法として考えられる。しかし、内生量の変化は現象の原因であるのか結果であるのかという問題を常に残しており、また、人為的に与えられた植物ホルモンが内生植物ホルモンの働きを必ずしも反映しているとは限らない。最近、種子休眠の分野ではアブシジン酸の突然変異体や生合成阻害剤などを利用した実験によって新しい活路が開かれている。内生量や処理効果についての情報の蓄積が研究の基礎として必要なことは間違いないが、芽や栄養繁殖器官の休眠についてもアブシジン酸の関与を解明するためには、今後新たな研究の展開が必要であろうと考えられる。

(本稿は1995年10月に開催された野菜・茶業試験場課題別研究会『植物ホルモン代謝調節による野菜の生育制御の展開』において発表されたものである。)

引用文献

- 1) 田口亮平 著(1987): 323-333, 植物生理学大要, 養賢堂, 東京.
- 2) Lang, G. A. et al. (1987): Hort-Science, 22, 371-377.
- 3) Dennis Jr., F. G. (1994): Hort-Science, 29, 1249-1255.
- 4) Hemberg, T. (1961): 1162-1184, In Ruhland, W. (ed.), Encyclopedia of Plant Physiology, 14, Springer-Verlag.
- 5) Bennet-Clark, T. A. & Kefford, N. P. (1953): Nature, 171, 645-647.
- 6) Phillips, I. D. J. & Wareing, P. F. (1959): J. Exp. Bot., 10, 504-514.
- 7) Eagles, C. F. & Wareing, P. F. (1963): Nature, 199, 874-875.
- 8) Cornforth, J. W. et al. (1965): Nature, 205, 1269-1270.
- 9) Cornforth, J. W. et al. (1966): Nature, 210, 627-628.
- 10) Van Beckum, J. M. M. et al. (1993): Physiol. Plant., 89, 483-489.
- 11) Finkelstein, R. R. et al. (1985): Plant Physiol., 78, 630-636.
- 12) Reid J. L. & Walker-Simmons, M. K. (1990): Plant Physiol., 93, 662-667.
- 13) Ackerson, R. C. (1984): J. Exp. Bot., 35, 403-413.
- 14) El-Antably, H. M. M. et al. (1967): Planta, 73, 74-90.
- 15) Hocking, T. J. & Hillman, J. R. (1975): Planta, 125, 235-242.
- 16) Walton, D. C. (1980): Ann. Rev. Plant Physiol., 31, 453-489.
- 17) 平井伸博(1994): 51-77, 高橋伸孝・増田芳雄 編, 植物ホルモン・ハンドブック(下), 培風館, 東京.
- 18) Bartels, P. G. & Waston, C. W. (1978): Weed Sci., 26, 198-203.
- 19) Le Page-Digivry, M. T. & Gerello, G. (1992): Plant Physiol., 98, 1386-1390.
- 20) Suttle, J. C. & Hultstrand, J. F. (1994): Plant Physiol., 105, 891-896.
- 21) Kim, K. S. et al. (1994): Physiol. Plant., 90, 59-64.
- 22) Karssen, C. M. et al. (1990): 23-31, In Pharis, R. P. & Rood, S. B. (eds.), Plant Growth Substances 1988, Springer-Verlag.
- 23) King, R. W. (1976): Planta, 132, 43-51.
- 24) Wang, T. L. et al. (1987): J. Exp. Bot., 38, 1921-1932.
- 25) Hsu, F. C. (1979): Plant Physiol., 63, 552-556.
- 26) Le Page-Digivry, M. T. et al. (1990): Plant Physiol., 92, 1164-1168.
- 27) Quebedeaux, B. et al. (1976): Plant Physiol., 58, 363-366.
- 28) Van Onckelen, H. et al. (1980): J. Exp. Bot., 31, 913-920.
- 29) Walker-Simmons, M. (1987): Plant Physiol., 84, 61-66.
- 30) Fong, F. et al. (1983): Plant Physiol., 73, 899-901.
- 31) Neil, S. J. et al. (1986): Planta, 169, 87-96.
- 32) Groot, S. P. C. & Karssen, C. M. (1992): Plant Physiol., 99, 952-958.
- 33) Karssen C. M. et al. (1983): Planta, 157, 158-165.
- 34) Powell, L. E. (1987): HortScienc,

- 22, 845-850.
- 35) Rudnicki, R. (1967): *Planta*, 86, 63-68.
- 36) Bouyon, C. & Bulard, C. (1986): *J. Exp. Bot.*, 37, 1643-1651.
- 37) Pinfield, N. J. (1989): *J. Plant Physiol.*, 135, 313-318.
- 38) Lenton, J. R. et al. (1972): *Planta*, 106, 13-22.
- 39) Powell, L. E. (1976): *HortScience*, 11, 498-499.
- 40) Alvim, R. et al. (1979): *Plant Physiol.*, 63, 774-777.
- 41) Perry, T. O. & Hellmers H. (1973): *Bot. Gaz.*, 134, 283-289.
- 42) Mielke, E. A. & Dennis Jr., F. G. (1978): *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 446-449.
- 43) Borkowska, B. & Powell, L. E. (1982): *Scientia Horticulturae*, 18, 111-117.
- 44) Little, C. H. A. & Eidt, D. C. (1968): *Nature*, 220, 498-499.
- 45) DeMaggio, A. E. et al. (1969): *Can. J. Bot.*, 47, 1165-1169.
- 46) Meyer Jr., M. M. et al. (1969): *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94, 658-660.
- 47) Chrungoo, N. K. (1992): *Environmental and Experimental Bot.*, 32, 309-318.
- 48) 塚本洋太郎 (1973): 植物の化学調節, 8, 21-30.
- 49) Ginzburg, C. (1973): *J. Exp. Bot.*, 24, 558-566.
- 50) Matsubara, S. & Kimura, I. (1991): *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 59, 757-762.
- 51) Yamazaki, H. et al. (1995): *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 64, 589-598.
- 52) Kuraishi, S. et al. (1989): *J. Plant Growth Regul.*, 8, 3-9.
- 53) Mahotiere, S. et al. (1976): *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 101, 211-213.
- 54) Yoo, K. S. et al. (1990): *HortScience*, 25, 228-229.
- 55) Van Den Berg, J. H. et al. (1991): *J. Plant Physiol.*, 139, 86-89.
- 56) Coleman, W. K. & King, K. K. (1984): *Am. Potato J.*, 61, 437-449.

新刊

SHIBUYA INDEX

—Index of Pesticides—

(英語版)

1996年版

渋谷成美・ほか／編集 A4判 850頁 定価30,000円(税込)

1978年に第1版を発行して以来、簡便に使える農薬リストとして知られていた本書の第7版。世界の農薬すべてを網羅し、一般名、商品名、コードナンバー、メーカー名、構造式、適用場面、特性を記載。単剤3,300余種を構造別に整理し、関連化合物の検索も容易にできる。また、混合剤で4,100余種も掲載。

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6(植調会館) 電話/03-3833-1821 FAX/03-3833-1665

呈内容見本