

植物ホルモンによる長日・低温要求性 植物の抽台・花成制御

野菜・茶業試験場 生理生態部生殖生理研究室 西島 隆明

植物ホルモンの農業への利用は、オーキシシン（IAA）が最初に構造決定された後、第2次世界大戦後に開始された。それ以来、農業生産への利用法の探索と、より効果的な合成植物ホルモンの開発とが急速に進み、現在では、農業生産の様々な場面において、植物ホルモン作用に関連した生長調節物質が使われている。花成に関しても、開花特性の異なる幅広い種において外生の、あるいは内生の植物ホルモンが影響を及ぼす例が数多く知られており^{1)~4)}、生長調節物質による花成制御の可能性は潜在的には大きい。ところが実用化されている利用場面は意外と少なく、エスレルによるパイナップル及びアナナス類花きの開花促進、ジベレリン生合成阻害剤によるリンゴ及びツツジの着花数増加、ジベレリンによる花き類及び林木の開花促進などに限られる^{5), 6)}。植物ホルモンがどのような生理的機作で花成へ関与しているかは依然として不明である。このため、生長調節物質の花成調節への応用研究は、十分な理論的裏付けを欠く試行錯誤の段階に留まっており、結果として応用場面も限られるのが現状である。

花成は、秩序だったいくつかの段階を経て行われる時間軸上の変化であり、また同時に、茎頂部という微小な空間に分布する細胞の生理的変化が出発点となっている。植物ホルモンの花成への関与の機作を解明するためには、まず、

茎頂細胞における植物ホルモンの生合成と空間的分布、そして、その時間的変化を明らかにし、同時に、植物ホルモンを茎頂部に特異的に作用させるような実験手段を講じなければならない。しかし、茎頂部のような微小な部位における植物ホルモンの分布を調べる方法は未確立であり、また、器官特異的に植物ホルモンを作用させることも難しい。さらに、植物ホルモンの生合成調節機構、ならびに、レセプターから遺伝子発現の調節、形態の変化に至る情報伝達の機構がほとんど解明されていないことが、この分野での研究を困難なものとしている。

園芸生産の現場では、花成の制御は主に品種の分化（日長感应性、温度感应性）と環境制御（栽培地の選定、被覆資材、加温、電照）によって行われ、作型の拡大に貢献してきた。しかし、一方で、加温、電照、被覆資材等を用いた多投入型生産体系への批判の声もある⁷⁾。また、異常気象による開花期の乱れに対処する方法も未確立である⁸⁾。今後、省エネルギー、環境調和型の園芸生産を目指し、同時に異常気象へのフェールセイフを確立するには、化学的、あるいは分子生物学的な花成制御法を、実用可能なものとして選択肢に加えておくことが必要であろう。

筆者らは、主にダイコンを材料として、植物ホルモンのひとつジベレリンが抽台・花成に関

与する機作を調べ、その制御方法についても併せて検討してきた。本講演では、その研究を紹介するとともに、ジベレリンが花成に関与するとされている長日植物及び低温要求性植物における花成研究の動向についても述べたい。

1. 長日植物・低温要求性植物の抽台・花成

長日植物及び低温要求性植物には、栄養成長時には短縮した茎と根出葉を持つ、いわゆるロゼット型の草姿を示すが、生殖成長への移行によって著しい茎伸長（抽台）の起こるものが多い。花成誘導条件は、長日植物では長日（実際には短い暗期）であり、その感応部位は葉である⁹⁾。一方、低温要求性植物の花成には、ある一定期間の低温遭遇とその後の長日条件が必要であり、低温の感応部位は茎頂分裂細胞、長日の感応部位は葉である⁹⁾。低温による花成誘導刺激は、低温遭遇した茎頂細胞から分裂して生じた細胞のみに伝達される。つまり、細胞間を移動しないが、長日刺激は葉で感受された後茎頂部に伝達されて花成を引き起こすと考えられている¹⁰⁾。また、低温遭遇には蓄積効果があり、分割して与えた低温が相加的に作用する¹⁰⁾。

長日性及び低温要求性の遺伝は、コムギ、エンドウ、アラビドプシス、アブラナ科野菜等において解析されている¹¹⁾。これらの植物においては、概ね低温要求性が長日性に対して劣性であり、低温要求性植物が長日植物から突然変異によって進化したと一般的には考えられている。しかし、優性の低温要求性遺伝子もあり、また、細胞質遺伝が関与している例もあるなど、複雑である。

日長、温度等の環境条件以外に、長日植物及び低温要求性植物の花成を促進または阻害する要因として、これまでに表-1にあげるような

多くのものが発見されている¹²⁾⁻³¹⁾これらのうち、単独処理で再現性を持って花成を誘導できるのは、ジベレリンのみである²⁶⁾⁻³¹⁾。しかし、ジベレリンの花成誘導効果は植物によってまちまちであり、花成誘導に多量のジベレリンの連続処理が必要な例、また、茎伸長のみが誘導され花成が誘導されない例もみられる³²⁾⁻³³⁾。

表-1 日長及び温度以外に、長日植物及び低温要求性植物の花成を促進または阻害する要因

促進するもの	促進または阻害するもの	阻害するもの
糖 ¹²⁾⁻¹⁵⁾ a	オーキシシン ²²⁾⁻²⁵⁾	無酸素条件 ¹⁵⁾⁻¹⁷⁾
核酸 ²⁰⁾⁻²¹⁾		呼吸阻害剤 ^{18), 19)}
ジベレリン ²⁶⁾⁻³⁰⁾		
DNAのメチル化阻害剤 ³¹⁾		

a 引用文献

2. ダイコンにおける抽台・花成と内生ジベレリン

日本人の食生活に重要な位置を占め、日本における最も生産量の多い野菜であるダイコンには、古くから秋ダイコン品種群、春ダイコン品種群、夏ダイコン品種群といった抽台・花成特性の異なる品種群が成立し、それぞれの地域・作型に適応して栽培されてきた。以下に、ジベレリンと抽台・花成との関係についての筆者らの研究³⁴⁾⁻³⁹⁾を紹介したい。

(1) 内生ジベレリンのレベルを人為的に変えた場合の抽台

ジベレリンと抽台との関係については、1950年代から60年代にかけていわゆる「ぶっかけ試験」および生物検定による内生ジベレリンの分析が数多くなされたが、それ以後、研究が停止してしまった¹⁰⁾。当時は、多くの種類が存在す

るジベレリンを種類別に分けて感度よく分析する技術が未発達であったこと、また、内生ジベレリンのレベルを十分下げることのできる強いジベレリン生合成阻害剤がなかったことなどが、研究の行き詰まりを招いた原因であると考えられた。そこで筆者らはまず、効果の高い新しい阻害剤を用いて内生ジベレリンのレベルを人為的に変えた場合、抽台・花成がどのように影響を受けるかを観察することから始めた。

低温によって花成誘導されたダイコン（品種‘耐病総太り’）に、強いジベレリン生合成阻害作用を持つウニコナゾール（スミセブン）を処理して内生ジベレリンのレベルを下げると、抽台がほぼ完全に押さえられるのみでなく、花成も著しく遅れた（表-2）。さらに、ジベレリン（GA₃）の投与によって、この抽台抑制・花成遅延は完全に回復した。これらの結果から、ダイコンの抽台・花成にはジベレリンが必要であることが明らかとなった。かつて、効果の弱いジベレリン生合成阻害剤であるCCC（クロルメコート）を用いた報告では、抽台は抑制できたものの、花成は抑制されなかった⁴⁰⁾。これに対して、我々の実験結果は、抽台だけでなく

花成にもジベレリンが必要であることを新たに示唆したことになる。

では、栄養成長している個体に外からジベレリンを与えれば、抽台・花成を誘導できるであろうか？ GA₃を栄養成長している個体を与え続けると、著しい茎伸長が起こり、すべての個体に花芽分化が認められた（表-2）。この結果から、ダイコンの抽台のみならず花成も、ジベレリンレベルを高めることによって誘導できることが明らかとなった。しかし、低温遭遇によって抽台する際には、花芽分化と節間伸長はほぼ同時に始まるのに対して、ジベレリンによって誘導された抽台ではまず節間伸長が起こり、その後に花芽分化する点が異なっている。この点については今後の検討が必要である。

(2) ダイコンにおける内生ジベレリンの同定と定量

次に問題になるのは、ダイコンにおける内生ジベレリンが、どのように抽台・花成に関与しているかである。そこで、内生ジベレリンの分析を行った。

抽台にともなって実際に著しく形態変化（伸長および花芽分化）を起こすのは茎であり、そ

表-2 ダイコンの抽台・花成に及ぼすウニコナゾール（S-327D）及びジベレリン（GA₃）投与の影響

処 理			花芽分化率 (%)	開 花 率 (%)	到花日数	花 茎 長 (cm)	葉 数
低温処理 日 数	S - 327 D ($\mu\text{mol}/\text{pot}$)	G A ₃ (M)					
20	0	0	100	100	26.1d	55.6b	21.7d
20	2	0	100	100	59.0c	7.4c	47.7b
20	4	0	100	92	64.3bc	7.2c	51.9a
20	8	0	100	92	67.7b	6.4c	50.5ab
30	4	0	100	92	52.3c	5.5c	40.4c
40	4	0	100	100	53.1c	6.8c	37.5c
0	4	10 ⁻³	100	33	76.3a	105.3a	49.5ab

注) 同じ列中の同じアルファベットのついた平均値は、Tukeyの方法で分散分析した結果5%水準で有意差がないことを示す。

れ以外の部分には著しい変化は認められない。そこで、ジベレリンの分析は茎と葉に分けて行うこととした。茎葉部の抽出液を高速液体クロマトグラフィーで分画し、それぞれの分画を生物検定（改良点滴法⁴¹⁾）した結果、5つの部分に活性が認められたので（図-1）、その分画をさらにGC-MSで分析し、ジベレリンの種類を同定した。その結果、ジベレリンの生合成経路のひとつである早期C-13位水酸化経路と、もうひとつの経路である早期非水酸化経路に属するジベレリンがそれぞれ数種類ずつ同定され、

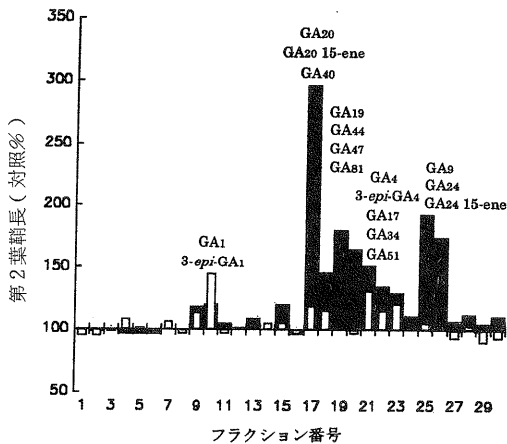


図-1 ダイコン茎葉部におけるジベレリン活性（0.5g FW/plant）とGC/MSによって同定された内生ジベレリン

■: 短銀坊主 □: 矮稲-C

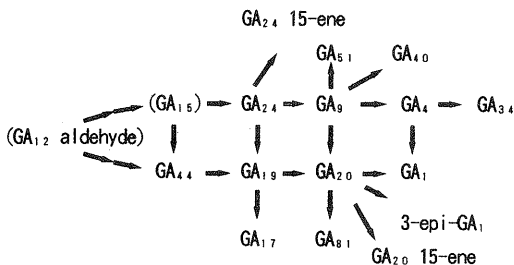


図-2 ダイコン茎葉部に含まれる内生ジベレリンと推定される生合成経路

() 内は、GC/MSによって同定されなかったが存在が予測されるジベレリン

ダイコンの茎葉部ではこの2つの生合成経路が機能していることが推定された（図-2）。同定されたジベレリンのうち、GA₁は早期C-13位水酸化経路の、GA₄は非水酸化経路の活性型ジベレリンであることが他のいくつかの植物（イネ⁴²⁾、トウモロコシ⁴³⁾、カボチャ⁴⁴⁾など）で示唆されている。そこで、確認のためGA₁、GA₄およびそれらの前駆体であるGA₂₀、GA₉をダイコンに与えてみた。ただし、植物体内のジベレリン代謝機構により、与えたGA₂₀はGA₁に、GA₉はGA₄に変換されて活性を現す可能性があるため、これらの変換を阻害するプロヘキサジオンカルシウム⁴⁵⁾も同時に与えた。すると、前駆体はほとんど抽台・花成を誘導しないのに対してGA₁およびGA₄は誘導することが観察され（写真-1）、GA₁およびGA₄がダイコンにおいても活性型のジベレリンであることが示唆された。

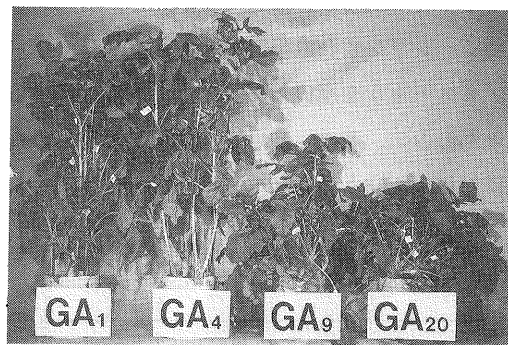


写真-1 ダイコンの花成に及ぼすGA₁、GA₄、GA₉、GA₂₀（1mM）投与の影響

つぎに、これら活性型の2つのジベレリンの抽台・花成の過程における濃度の変動を調べた。すると、葉には栄養成長、生殖成長を通じて高いレベルで存在するが、茎には栄養成長時には低いレベルでしか存在せず、生殖成長に入るとレベルが上がることを確認された（図-3）。このレベルの上昇は抽台・花成に先だって起こ

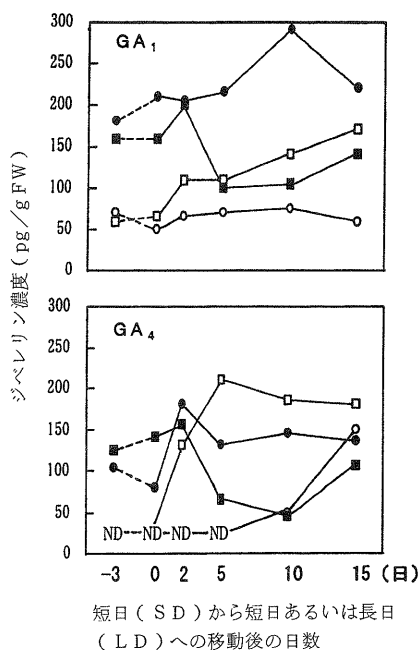


図-3 ダイコンの抽台・花成に白う内生 GA_1 , GA_4 濃度の変動

- : 茎, 低温無処理
- : 茎, 低温処理 (5℃, 20日間)
- : 葉, 低温無処理
- : 葉, 低温処理 (5℃, 20日間)
-: 短日 (20℃, 8時間日長)
- : 長日 (20℃, 16時間日長)
- ND: 検出されず

るため、単に抽台・花成に付随するものではなく、抽台・花成を促進していると考えられた。

以上のような茎葉部における内生ジベレリンの種類及び抽台・花成の際のレベルの変化は、低温要求性の異なるダイコンの品種間で基本的に同じであった（データ略）。

抽台・花成の際の GA_1 および GA_4 の茎でのレベル上昇が、生合成経路のどの段階の活性化によって起こるのかを調べるため、生合成経路の主流上に位置するジベレリンの茎でのレベルを、花芽分化初期と栄養成長期とで比べてみた。その結果（図-4）、 GA_1 および GA_4

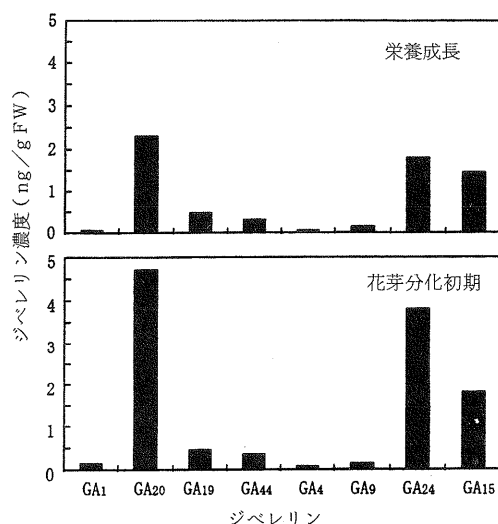


図-4 ダイコンの抽台・花成に伴う主要な内生ジベレリンの濃度の茎での変化

より上流に位置するいくつかのジベレリンで、レベルが栄養成長期よりも花芽分化初期で高まっており、 GA_1 および GA_4 より上流の複数の生合成経過が活性化されて活性型ジベレリンのレベルの上昇が引き起こされていることが示唆された。

(3) ジベレリンの関与している花成の段階

では、ジベレリンは花成のどの段階を促進するのであろうか？ 低温要求性植物の花成は3つの段階を経て起こる¹⁾。第1の段階は、低温による花成誘導（cold induction）である。この段階では、低温によって茎頂部の細胞が生殖成長へと「方向付け」されるが、形態的变化は起こらない。第2の段階は、花成の誘起（floral evocation）である。この段階では、茎頂部の細胞に、RNAやタンパク質合成の増加、細胞分裂の同調等の生理的变化が起こり、形態的には、成長点の膨大、葉序の変化、側芽の分化促進等の現象がみられるが、花芽分化はまだ起こらない。この段階にある成長点はある一定の条件下で栄養成長へと逆戻りするこ

ともある。第3の段階は、花芽の分化および発育である。この段階に達すると、もはや栄養成長への逆戻りは起こらない。なお、ダイコンでは、低温誘導は低温下で、花成の誘起と花芽分化はその後の長日温暖条件下で起こる。内生活性型はジベレリンのレベルは低温処理後長日条件下で上昇するので、低温による花成誘導そのものよりはその後の過程、つまり、花成の誘起または花芽の発育にジベレリンが関与することが予測された。

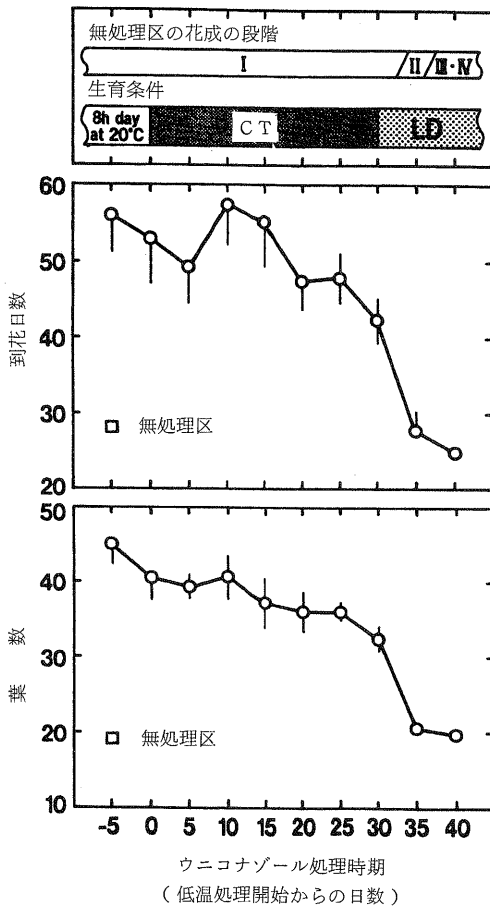


図-5 ウニコナゾール ($4 \mu\text{mol/pot}$) 処理時期とダイコンの抽台・花成との関係

花成の段階 I: 栄養成長 II: 成長点膨大
 III: 花房分化期 IV: がく片形成期
 生育条件 CT: 低温処理 (5°C)
 LD: 長日 (20°C , 16時間日長)

これを検証するためには、最初に述べた、ウニコナゾールによる花成の著しい遅延という現象が利用できる。ウニコナゾールによる内生ジベレリンレベルの低下が花成のどの段階を遅延させるかを調べれば、ジベレリンによって促進される花成の段階を特定できるだろう。そこで、低温処理からその後の長日温暖条件下までの様々な時期にウニコナゾールを土壌灌注によって処理し、(この場合、与えたときから実験終了までの長期間ウニコナゾールは効き続ける)、花成がどの程度遅延されるかを調べた。その結果、花成を遅延させるためには、ウニコナゾールは低温処理終了時まで処理される必要があり、花芽分化が始まる低温処理後8日目以降に処理しても花成を遅延しなかった(図-5)。従って、ジベレリンは花芽分化以前の段階に関与すると考えられた。さらに、低温処理前にウニコナゾールを与え、低温処理期間中ジベレリンレベルが低く維持された個体に、低温処理後ジベレリンを与えると正常に抽台・開花したことから、低温誘導にはジベレリンは関与しないと考えられた。これらの結果から、ジベレリンは花成の誘起に関与することが示唆された。これらの結果は、花成の誘起以前にジベレリンのレベルを下げれば、抽台・花成を抑制できることを示している(図-6)。ジベレリンレベルを下げる方法としては、ジベレリン生合成阻害剤や、将来的には遺伝子組換えの利用が考えられる。実際のところ、抽台をジベレリン生合成阻害剤で抑制しようとする試みは以前にも行われたが、効果が安定しなかった⁴⁶⁾。「花成の誘起以前にジベレリンレベルを下げなければ抽台・花成を抑制できない。」という事実が、効果が不安定であった原因かもしれない。現在、筆者らは、ジベレリン生合成阻害剤の投与によ

温度・日長

温 暖	低 温	温暖長日
-----	-----	------

生育段階

栄養成長	低温誘導	花成誘起	花芽の分化・発達
------	------	------	----------

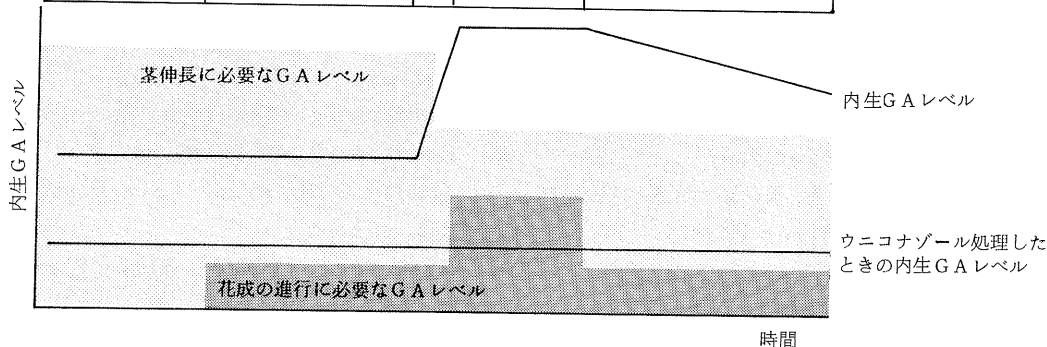


図-6 ダイコンの茎伸長・花成とジベレリンとの関係

て圃場レベルで抽台・花成を抑制する実用的な方法について可能性を探っている。

3. 植物ホルモンと花成の研究における今後の展望

現在、植物ホルモンの生合成酵素や低温要求性に関する分子生物学的解析が進行しつつある。複雑な生合成反応を経て作られるジベレリンにおいても、数種類の酵素（カウレン合成酵素A・B、カウレン酸化酵素、C-20酸化酵素およびC-3水酸化酵素）において、精製・単離及びそれらをコードするDNAの塩基配列の解析が進んでいる^{47) - 50)}。しかし、植物ホルモンの生合成およびその調節機構、さらに、レセプターから形態変化に至るまでの情報伝達の機構の全容の解明までにはまだ相当長い時間がかかるだろう。しかし、これらの研究の進展により、花成制御技術が精密化し、かつ選択可能なバリエーションが増えてくることは確実であると思われる。また、低温誘導の機構に関しても、低温誘導から花成に至るまでの一連の反応の相互関係については依然として不明である。しかし、

低温要求性に関する t-DNA 挿入突然変異体がアラビドプシスで多数得られており、分子生物学的解析の基盤が整いつつある⁵¹⁾。また、最近、低温誘導の機構に関して注目すべき報告が現れた。つまり、DNAのメチル化阻害剤である 5-azacytidin が、低温要求性のアラビドプシスおよび *Thraspi arvense* の花成を誘導したというものである³¹⁾。この報告によれば、低温遭遇によってもDNAのメチル化の度合いが下がっており、低温誘導にDNAのメチル化が密接に関連することを示唆している。さらに、*Thraspi arvense* では、低温誘導によってジベレリン生合成酵素のひとつカウレン酸化酵素が茎で特異的に生産されることがわかっており^{52) - 53)}、この酵素をコードしている遺伝子の発現調節にDNAのメチル化が関わっている可能性が指摘されている。

今後、以上のような研究によって花成調節機構の解析が進み、それが実際の園芸生産における花成調節技術の開発につながることを期待している。

（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『植物ホルモンの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) Bernier, G. (1981): *The Physiology of Flowering* Vol. II, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- 2) Pharis, R. P. & King, R. W. (1985): *Ann. Rev. Plant Physiol.* 36, 514.
- 3) Evans, L. T. (1971): *Ann. Rev. Plant Physiol.* 22, 365.
- 4) Zeevaert, J. A. D. (1983): *The Biochemistry and Physiology of Gibberellins*, Vol. II. Elsevier/North-Holland, Amsterdam.
- 5) 高橋信孝ほか (1973): 植物調整物質の園芸的利用, 誠文堂新光社, 東京.
- 6) 太田保夫 (1987): 植物ホルモンの生かす, 農山漁村文化協会, 東京.
- 7) 農林水産省野菜・茶業試験場 (1991): 平成3年度課題別研究会資料 生態系活用型農業における野菜生産の現状と今後の方向.
- 8) 農林水産省野菜・茶業試験場 (1994): 平成6年度課題別研究会資料 野菜の気象災害発生機構と対策技術.
- 9) Wareing, P. F., 古谷雅樹監訳 (1983): 植物の成長と分化, 学会出版センター, 東京.
- 10) 田口亮平 (1971): 農業および園芸, 46, 1371.
- 11) Napp-Zinn, K. (1987): *Manipulation of Flowering*, Butterworths, London.
- 12) Purvis, O. N. (1944): *Ann. Bot.*, N. S. 8, 285.
- 13) Purvis, O. N. (1947): *Ann. Bot.*, N. S. 11, 269.
- 14) Kojima, H. et al. (1954): *Bot. Mag. Tokyo*, 67, 112.
- 15) Tashima, Y. (1957): *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* 3, 25.
- 16) Gregory, F. G. & Purvis, O. N. (1938): *Ann. Bot.*, N. S. 2, 753.
- 17) Lang, A. (1965): *Encyclopedia of Plant Physiology* Vol. 15/1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- 18) Chouard, P. & Poignant, P. (1951): *C. R. Acad. Sci. Paris* 232, 103.
- 19) Krekule, J. (1961): *Biol. Plant.* 3, 107.
- 20) Tomita, T. (1964): *Tohoku J. Agr. Res.* 14, 217-225.
- 21) Suge, H. & Yamada, N. (1963): *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 32, 77.
- 22) Leopold, A. C. & Guernsey, F. S. (1953): *Amer. J. Bot.* 40, 46.
- 23) Leopold, A. C. & Guernsey, F. S. (1953): *Amer. J. Bot.* 40, 603.
- 24) 香川 彰 (1956): 園学雑, 25, 173.
- 25) 香川 彰 (1959): 園学雑, 28, 277.
- 26) Lang, A. (1957): *Proc. Natl. Sci. Wach.* 43, 709.
- 27) Okuda, M. (1958): *Bot. Mag. Tokyo*, 71, 125.
- 28) Harrington, J. F. et al. (1957): *Science* 125, 601.
- 29) Tsukamoto, Y. & Asahira, T. (1959): *Mem. Res. Inst. Food. Sci. Kyoto Univ.* 14, 1.
- 30) Wittwer, S. H. & Bukovac, M. J. (1957): *Science* 126, 30.
- 31) Burn, J. E. et al. (1993): *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 90, 287.
- 32) 中村英司・服部安一 (1961): 園学雑, 30, 167.
- 33) 香川 彰 (1958): 岐阜大農研報, 16, 33.
- 34) 西島隆明ほか (1989): 園学雑, 58 (別2);

- 266.
- 35) 西島隆明ほか (1990): 園学雑, 59 (別1), 382.
- 36) 西島隆明ほか (1990): 園学雑, 59 (別2), 424.
- 37) 西島隆明ほか (1991): 園学雑, 60 (別1), 320.
- 38) 西島隆明ほか (1992): 園学雑, 61 (別1), 300.
- 39) Nishijima, T. et al. (1994): Acta Hort. (in press)
- 40) Suge, H. & Rappaport L. (1968): Plant Physiol. 43, 1208.
- 41) Nishijima, T. & Katsura, N. (1989): Plant Cell Physiol. 30, 623.
- 42) Murakami, Y. (1972): Plant Growth Substances 1970, Springer-verlag, Berlin.
- 43) Phinney B. O. & Spray, C. (1982): Plant Growth Substances 1982, Academic Press, New York.
- 44) Nakayama, M. et al. (1989): J. Plant Growth Regul. 8, 237.
- 45) Nakayama, I. et al. (1990): Plant Cell Physiol. 31, 1183.
- 46) 農林水産技術会議事務局 (1988): 露地野菜・花きの収穫期調整技術の開発, 研究成果 199.
- 47) Sun, T.-P. et al. (1994): The Plant Cell 6, 1509.
- 48) Saito, T. et al. (1993): Abstracts of Frontiers of Gibberellin Research, 24.
- 49) Lange, T. & Graebe, J. E. (1989): Planta 179, 211.
- 50) 安部 弘ほか (1994): 植物化学調節学会第29回大会研究発表記録集, 87.
- 51) Arabidopsis Biological Research Center at Ohio State (1992): Seed and DNA Stock List.
- 52) Hazebroek, J. P. & Metzger, J. D. (1990): Plant Physiol. 94, 157.
- 53) Hazebroek, J. P. & Metzger, J. D. (1990): Plant Physiol. 96, Suppl. 1, 75.

新刊

SHIBUYA INDEX

—Index of Pesticides—

1993年版

(英語版)

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6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。

—呈内容見本—

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/03-3833-1685