植物生理活性物質の利用・開発

——植物成長調整剤の探索・実用化研究の問題点

禿 泰雄*

新しい植物生理活性物質を探索してゆくには、その作用の検定法で大きく左右される。既知の活性物質を含めてそれらの薬剤を実際に農業生産上利用するのは現代版“花咲爺”と言うべきか。ところが栽培植物成体を相手とすると容易に事は運ばない。試行錯誤による経験の蓄積が求められている。それらをもたす要因は何か。問題点をとりあげて今後の発展を期待したい。

植物の成長現象が、生理活性物質の作用としてとらえられたのは、Darwin (1880), Boysen Jensen & Went (1910) らによる植物ホルモン——オーキシン——の研究に源を発する。農業および園芸面における植物の成長制御を目的とした、植物生理活性物質の実用化研究は、2, 4-D (2, 4-ジクロロフェノキシ酢酸) の合成 (1941, R. Pokorny) と、オーキシン活性が見いだされた (Zimmerman) ことに始まる。我が国では、1947年に 2, 4-D の利用研究が開始されている。当初は、殺草剤としての応用研究から着手された。そして数年後には、4-CPA (4-クロロフェノキシ酢酸) や NAA (α -ナフタレン酢酸) などのオーキシン活性物質が作物の成長制御に応用される時代に入り、以降急速に発展しつつある。

1983 年現在、我が国において農薬としての実用が許可されている植物成長調整剤は表 1 のとおりである⁽¹⁾。これらの調整剤

表 1 我が国において農薬登録されている植物成長調整剤 (1983 年現在)

生理作用	農 薬 名	商 品 名	主要な成長調整効果
オーキシン作用	インドール酪酸	オキシベロン	さし木発根促進
	1-ナフチルアセトアミド	(トランスプラントン) ルートン	ク
	エチクロゼート	(フィガロン) ルチエース	ミカン摘果、熟期促進 さし木発根促進
	クロキシホナック	トマトラン	着果・肥大促進
	MCPB	マデック	落果防止
	4-CPA	トマトートン	着果・肥大促進
ジベレリン作用	ジベレリン	ジベレリン ジベラ	落果防止
			発芽・伸長・肥大・開花・着果・熟期などの促進
エチレン作用	エテホン	エスレル	開花、熟期促進
カイニン作用	ベンジルアミノプリン	ビーエーヘルボス	花振り防止、着果促進
成長抑制作用	ジケグラク	アトリナール	分枝増加、伸長抑制
	ダミノジット	ビーナイン	伸長抑制、着果・着色促進
	トリヨード安息香酸	ジョンカラー	側芽発生促進
	マレイン酸ヒドラジド	C-MH, MH-K	腋芽抑制
	アンシミドール	スリートン	節間伸長抑制
	メフルメジド	エンパーク	伸長抑制
そ の 他	ペンディメタリン	エキガゾール	腋芽抑制
	オキシエチレンドコサノール	ミドリナール	植えい込み防止
	オキシシン硫酸	(ケマヘルス) ユゴーザイ A	切り口のゆ合促進
	ワックス	グリンナー	植えい込み防止
	過酸化カルシュウム	カルパー	発芽苗立ち安定
	デシルアルコール	コンタクト	腋芽抑制
	ドデシルベンゼンスルホン酸	ブルーソ	花蕾摘除
	ニコチン酸アミド	カケンタミン	根の生育・活着促進
	二酸化ケイ素	シオノックス	サビ果防止
	パラフィン	アビオン C	青・赤枯れ防止
	ピペロニルブトキシアミド	ブトックス	生理的斑点病防止
	オキシエチレン高級アルコール	OED グリーン	活着促進

* Yasuo KAMURO, 日産化学工業 (株) 生物化学研究所

に関する実用効果、ならびに今後期待される成長調整面⁽²⁻⁶⁾あるいは国内外の開発現況や現在の研究動向⁽⁷⁻¹⁰⁾については多くの成書や解説があるので、ここでは近年の主なるものの紹介にとどめた。

ところで、新農薬が実用化されるには、次の諸課題が検討されねばならない。

- i) 生理活性物質の探索と選抜
- ii) 農業面での効力確認と使用方法の確立
- iii) 農業生産上の有用性と経済効果の検討

iv) 剤の安全性と登録取得上の法規制適合性
これらのステップは、殺虫殺菌剤、また除草剤の開発においても同様である。しかし、成長調整剤の場合には、考慮検討すべき点の特異性、基本的に異なる問題点がいくつか指摘できよう。

実に多くの植物生理活性物質が知られている^(11,12)にもかかわらず、実用化に至っている物質は限られている。実用化の成功の確率は、現在のところ非常に低い。また、バイオアッセイで高い活性を示した物質が、どのような実用的調整効果を発揮するのかを予測することも現在の知見からは難しい。大きな夢が抱かれている一方、新剤開発に躊躇を示す向きがあるのも、このためであろう。

以下、植物成長調整剤の探索開発に携わってきた経験から、いくつかの考慮すべき点、問題点を例示することとする。今後の実用技術開発の一助になれば幸いである。

バイオアッセイにおける活性と作物の成長反応

新物質の基本的な生理活性を識別し、また関連化合物の活性力を比較評価するために、多数のバイオアッセイ法が考案されている⁽¹³⁾。これら、特定の実験条件下において得られたバイオアッセイの成長現象が、無傷である栽培作物の成長現象として再現されることは少ない。このことは、植調剤探索上の大きな問題点といえる。

たとえば、バイオアッセイにおいてはオーキシン活性は被験植物体・組織の伸長量や、それにもなる現象を指標として活性力が評価される。が、無傷の作物では、同様の現象を示さないこと

表 2 バイオアッセイで同等類似のオーキシン活性を示す物質の実用的な成長調整効果の有(○)無(×)

成長調整効果 化合物	単為 結果	落果 防止	ミカン 摘 果	ミ カ ン 浮皮軽減	果実 成熟
IAA	×	×	×	×	×
エチクロゼート	×	×	○	○	○
2,4-D	○	○	×	×	×
NAA	○	○	○	×	×

IAA: インドール酢酸, エチクロゼート: 5-クロロインドゾール酢酸エチル, 2,4-D: 2,4-ジクロロフェノキシ酢酸, NAA: α -ナフトレン酢酸

が多い。さらに、バイオアッセイレベルでは、同等で類似の生理活性を示した物質類であっても、栽培作物の成長調整効果とその実用性の有無については、まったく異なる側面を示すことが多い。また、バイオアッセイで示した活性の強弱が、実用性の高低を示すものでもない。同一物質が、使用方法により、作物の種類や処理の時期により、相反する成長作用を示すことも多い。表2の例示のように、同等のオーキシン活性を示す物質類の実用的成長効果の有無は調整面によって異なる。同一物質が、落果(摘果)剤として使用できる一方、落果防止剤としても利用されうる。このようなことはオーキシン活性物質に限らない。このことが成長調整剤開発を、一見複雑困難なものに見せかけている。

バイオアッセイにおいて興味ある強い活性を示した多くの物質を、各種作物に対して多くの期待される成長調整面について実用化試験を展開することは、時間的、物理的にも、経済的にも不可能である。

作物としての植物体は、個体内に種類や齢の異なる諸器官が混在し、それらの相互作用の下に調和が保たれて成長している。一方、バイオアッセイでは、特定の活性を鋭敏に検出するため、その実験系は単純化され、組織間や器官間の相互作用や調和は可能な限り省かれている。作物の成長現象が動的結果とすれば、バイオアッセイでの成長現象は静的結果とも見られよう。このため、バイオアッセイでの現象を、作物の成長の場で同様の現象として再現できないのは当然とも言える。このことを、まず念頭におく必要がある。単純化

された系を用いて検定された生理活性を、栽培作物の、どのような成長調整面に、能率的かつ見落とすことなく結びつけうるかは、植調剤開発上の大きな課題である。

表2に示す各剤の調整効果の有無は、前もって予想されたものではなく、試行錯誤の結果である。試行錯誤から少しでも予想確率を高め、成果に到達する能率を上げるために何がなされるべきであろうか。そのために配慮すべきであると思われる、いくつかの問題点を例示したい。

生理的最適濃度

生理活性物質が成長作用を発現するときには、生理的最適濃度が存在し、成長現象は、それ以下でも、以上でも低下する。また、外生的に与えた物質が示す成長効果は、内生物質との相互作用の結果の現象である。バイオアッセイに供試される植物材料は、目的とする検定物質の活性を拡大して読みとるため、一般に内生成長物質の量は生理的最適濃度以下、または飢餓状態にあるものが用いられる。一方、栽培作物の場合には、内生成長物質量は成長にとって充分量ないしは生理的最適濃度以上の状態にある場合も多いと考えられる。

バイオアッセイにおいて成長促進作用を示した物質を作物に与えたとき、同様の作用を示す内生成長物質との作用の和が生理的最適濃度以下の範囲であれば、理論的には成長は増加することになる。しかし、生理的最適濃度以上となる場合には、成長は抑制される結果となろう。この関係は図1-(i)のように示されよう。一方、バイオアッセイで成長抑制を示した物質を作物に与えたとき

図1 生理活性物質濃度と成長量の関係

——：内生物質による作物本来の生長量、……：外生物質が与えられたときの生長量の増減を示す。

き、成長促進を示すことがありうることも図1-(ii)から想像できる。このような相関性から、生理活性物質を作物に与えたとき、作物の生理状態によって相反する成長現象を示すことが予想できる。また、作物個体は生理的に異なる諸器官の集合体であるから、一個体内においても種々の成長効果を発現することになる。たとえば、アンチオーキシシン活性物質を与えたとき、頂芽の伸長が抑制され、腋芽の伸長は促進される。バイオアッセイレベルと作物レベルとでは、成長に対する反応の量や質が異なる一因は、このように被験植物体の内的生理状態が異なるためと考えられる。

生理活性物質を与えたときの成長現象の差異や相反する現象事例を注意深く観察し、そのような現象が生じた時の条件を整理することから、その物質の作用特性を方向づけうるヒントが得られることは少なくない。

内生成長物質の変動

作物の成長は、本来、内生の成長促進物質と抑制物質の消長、およびそのバランスによって調和が保たれていると見なされる。内生物質の量は、短期的には昼（明条件）と夜（暗条件）とのリズム的な変動とともに、また長期的には齢の進行にともなって大きく増減する。内生物質量の変動にともなって、成長現象も変化することになる。幾つかの作物について、特定の生理活性物質の、齢の進行にともなう変動が明らかにされつつある⁽¹⁴⁻²⁰⁾。しかし、明暗また気温などの日変化にともなう内生物質の消長と成長との関わりに関する知見⁽²¹⁾は、断片的である。図2に示すように、植物が生成する成長物質量は昼夜変化の影響を速やかに受けている。このような変動の程度は、作物の齢や種類によって異なり、その内的変動の差異が、外生成長物質を与えたときの成長現象の差にも大きな影響を及ぼすものと考えられる。

オーキシシン物質を果実の幼果期に処理すると、落果を促進し（摘果剤）、成熟期に散布されれば、落果を抑制する（落果防止剤）。このように、同一物質の同一濃度を散布しても、作物の齢により逆の成長現象を示す例は少なくない。

図 2 内生オーキシンとエチレン生成量および伸長量の日変化の一例

- A: diffuse auxin 量の日変化. 大根幼植物の diffuse auxin を、アベナテストで検量 (発芽 5 日～6 日目). 25°C 下
 B: 伸長量の日変化. 上記大根芽生えの胚軸の伸長が、18～9 時と 9～18 時の間に増大した量. 25°C 下
 C: エチレン生成量の日変化. 稲幼植物体のエチレン生成量を 3 時間毎に測定 (発芽 4～5 日目). 25°C 下

エチレン発生剤エテホンはブドウの開花前処理では落花を抑制することから、着粒増大・花振り防止剤として実用可能である⁽²²⁾。これはバイオアッセイレベルでは離層形成促進が基本的生理作用であるエチレンが、作物レベルではまったく逆の成長効果を発現する例である。また、エテホンをブドウの果実肥大期から成熟期にかけて異なった发育ステージに散布すると、散布時期により成熟現象に異なった反応が現われる。すなわち、未熟な果実に散布すると成熟が遅延し、着色期に入ってから散布に限って成熟を促進する。このため、エチレン作用によるブドウの着色促進効果を実用するためには、着色期に入らない果房が存在する時期には散布できない。ナン、カキ、モモ、リンゴなどではこのようなことはなく、着色期に入る前の幼果処理でも成熟は促進される。実用化試験を手がけた当初は、このような反応性がわか

らず、試験成績のばらつきに苦慮させられたものである⁽²³⁾。

ナンでは、エテホン開発当初、果実横径が 60 mm に達したときの散布により、成熟を 7～10 日促進できる使用技術が確立された。このときの最適散布濃度は 100 ppm であった。この濃度をもって幼果期に散布すると大半の果実が裂果落果することから、実用上安全な散布時期は果径 60 mm 以上のときと定められた。しかし、その後、当初は裂果しやすいと考えられていた時期に極く低濃度を散布すると、果実品質がより良好で優れた成熟効果を発現させることが判明した。この知見から、本剤の普及性が大きく高められることとなった⁽²⁴⁾。

アブジン酸 (ABA) は、表 5 (後出) に示すように、種子の吸水開始時に一定時間与えられると、その後の伸長を促進する。しかし、催芽後、伸長が開始された時期では、促進効果は小さくなるのみならず、抑制作用を示すようになる。

以上の例のように、外生物質に対する作物の成長反応は、发育ステージによってその程度が異なるだけでなく、相反する現象を示すことが多い。これは、作物のステージの進行にともなって、内生物質の量的変動や、複数の物質の相互作用とバランスに大きな変化が生じているためであろう。しかし、現在、バイオアッセイ (単純化された系) により解読された生理作用や作用機作から、作物に与えたときの成長効果を予見し、利用法を能率よく確立する手だすけとなる情報は少ない。生理活性物質の利用開発に携わる者として、非常に興味をひかれる問題点であるとともに、作物が反応してくれる現象には、ロマンさえ感じられる。

代 謝 分 解

バイオアッセイレベルと作物レベルとで生理活性物質の示す成長現象が異なる原因の 1 つに、代謝分解に関わる問題があげられよう。作物が成長を全うする期間に比べ、バイオアッセイでは極く短時間の成長現象を指標に作用力が検定される。作物体に吸収された物質は、時間経過とともに生体内で代謝分解される。この過程で生成される諸

物質が成長現象に何らかの作用を及ぼすであろうことは、充分考えておかねばならない。生理活性物質が内生的であれ、外生的であれ、考慮すべき問題であろう。

インドール酢酸 (IAA) の成長作用に関し、Tuli & Moyed 対 Evans & Ray の論議⁽²⁵⁾ にも見られるような代謝分解物の作用は、重要な問題点を示唆しているかもしれない。すなわち、IAA の代謝分解物の 1 つである 3-インドールアルデヒドは、IAA と異なった成長作用を示したり、(条件によっては) 相反する生理作用を示すことが判明しつつある。

3-インドールアルデヒドは、バイオアッセイの多くの方法で成長促進作用を示さないといわれている。しかし、種子発芽時の種子根の伸長は、IAA が抑制作用を示すのみであるとき、3-インドールアルデヒドは促進作用を示す。さらに興味ある作用は、外生オーキシン物質は植物体のエチレン生成量を増大させるが、3-インドールアルデヒドはオーキシン物質によるエチレン生成を抑制することである (未発表)。このような IAA と 3-インドールアルデヒドとにみられる生理活性の相違と類似したことが、エチクロゼート (インダゾール酢酸) とその代謝分解物であるインダゾールアルデヒドでもみられる⁽²⁶⁾ (図 3, 表 3)。

エチクロゼートは、オーキシン活性を示す多数の物質の中で現在のところ唯一つ果実の成熟や糖度上昇を促進する物質として利用されている。その機作は、エチクロゼートの代謝分解物であるインダゾールアルデヒドまたはカルボン酸の生理作用に基づくものと想定されている⁽²⁶⁾。このような事例から、ある生理活性物質が生体内で代謝分解される過程において、異質の生理作用をもつ物質を生成し、それらの物質の消長や相互作用にともなって種々の成長現象がひき起こされていること

表 3 エチクロゼートと代謝分解生成物の生理活性

ラミナジョイントテスト におけるオーキシン活性	処理濃度	ラミナジョイント屈曲生長率 (%)			
		100	20	5	0
	化合物	110	158	172	100 (58度)
	エチクロゼート	110	158	172	
	分解生成物(D)	96	95	96	
ク (E)	102	95	105		

水稻種子発芽時の根伸長 に及ぼす作用	処理濃度	根伸長率 (%)					
		100	25	10	2	0.5	0
	化合物	0	6	18	57	83	100 (5.4 cm)
	エチクロゼート	0	6	18	57	83	
	分解生成物(D)	0	10	70	115	110	
ク (E)	35	120	150	125	117		

インゲン幼植物に散布した ときのエチレン生成量 (μ l/F. W. g/24 hrs, 25℃)	IAA と併用	(D) 物質		(E) 物質	
	IAA のみ	3 日前	直 前	3 日前	直 前
	149	107	98	123	138
	(IAA 対比%)	(72)	(66)	(82)	(93)
	(D), (E) 物質は, IAA (100ppm) 散布の 3 日前と直前に散布. IAA 散布後, 24 時間のエチレン発生量を測定.

図 3 エチクロゼートの代謝分解経路

が示唆される。

生理活性物質の起源が内生的であれ、外生的であれ、植物体内での分解の能力や遅速、分解経路と生成物の種類などに差があれば、成長現象にも差異を生ずることになる。さらに想像を展開すれば、生理活性物質が生成される特定器官や能率的な流動系をもたない植物にとっては、体内での生成、流動、分布の過程で代謝分解にともなって

生ずるであろう生理作用の異なる物質の消長が、成長の自己調節にとって重要な意義と合目的性を包含しているのではないかと考えられる。

内生物質と外生物質の相互作用

同一の生理活性物質であっても、それが内生的（生体内発生的）に作物に作用する場合と外生的に作用した場合とでは、生理変化や成長現象は異なるものと考えられる。また、バイオアッセイで類似の生理活性を示した物質であっても、それを作物に与えたとき、内生物質に対して異なった作用を及ぼすために成長効果に差を生ずることになることも考えられる。

たとえば、バイオアッセイで同様の強いオーキシン活性を示す物質類を植物体に与えたとき、内生オーキシン（IAA）の植物体内での挙動・分布に及ぼす影響力は大きく異なっている。表4に示すように2,4-Dは植物体内のIAAの極性移動や、diffuse auxin量を低下させる作用が強い。一方、エチクロゼートやNAAはそのような作用力は弱い。このような差異が、成長効果や剤の利用率を左右することになると考えられる⁽²⁶⁾。

各種の生理活性物質を外生的に作物に与えたとき、内生物質の作物体内挙動や作用発現にどのような影響を及ぼすのか、現在のところほとんど知られていない。今後、このような点に関する検討が、植調剤の開発、利用の方向づけに重要な情報を提供してくれるものと考えられる。

外生物質相互の作用

外生物質相互の成長に及ぼす作用については、バイオアッセイレベルにおいて多くの知見がある⁽²⁷⁾。これらのバイオアッセイレベルで知られている多くの現象は、作物レベルにおいて実用的な成長調整効果として再現できないことが多い。また、バイオアッセイレベルでは、相加相助効果を示さないのみならず、相反する作用を示す物質であっても、作物レベルでは相加的あるいは相助的な成長効果を示したり、ある種の成長調整効果を高めることがある。

ジベレリン（GA）とB-9はバイオアッセイに

表 4 オーキシン活性物質類が植物体内の IAA の極性移動量および diffuse auxin 量に及ぼす影響

化合物	キュウリ芽生えの胚軸を用いた IAA 極性移動の阻害率の比較		大根幼植物の diffuse auxin を 50% 阻害する散布濃度
	$5 \times 10^{-4}M$	$2 \times 10^{-4}M$	
2,4-D	100%	71%	$5 \times 10^{-5}M$
4-CPA	83	52	$1 \times 10^{-4}M$
NAA	63	32	$5 \times 10^{-4}M$
エチクロゼート	47	20	$1 \times 10^{-3}M$

おいて、相反する作用を示す。しかし、作物においては、両剤ともエテホン（エチレン発生剤）の果実成熟や品質を高める目的のため、どちらも使用できる場面がある。

成長抑制物質である ABA と、成長促進物質である GA が、イネの中茎伸長効果を高めあう⁽²⁸⁾現象も興味深い。オーキシンと ABA は一般に相反する生理活性を示す。しかし、処理の方法や時期によっては、作物の成長を促進しあう。たとえば表5に示すように、籾の催芽前処理によって、その後の伸長が促進される。しかし、催芽時処理では効果がはっきりしないか、抑制傾向を示すにとどまる。休眠覚醒時の萌芽についても同様の現象がみられる（未発表）。

作物個体の成長は、成長促進と抑制作用を示す物質相互の働きあいにより、複雑に調整されている。GA とオーキシンの場合のように、共に促進作用を示す物質相互の組合せ利用についてはまだしも、相反する作用物質相互の有効利用法は、試行錯誤以外、現在、我々が得ている知見からはまったく予測できない。しかし、今後の大きな課題であると思われる。

実験条件

生理活性や成長効果の強弱を比較検定するとき、実験の材料や条件により、作用力の有無、強弱が変わることが多い。バイオアッセイでは通常、被験植物（組織）の成長にとって最も好ましい条件が設定される。一方、栽培作物は多くの場合、成長に最適の条件下にあるとは限らない。実用検討に際しては成長不良条件下において剤の作用がより強調される場合があることに配慮する必要がある。

表 5 ABA とエチクロゼートが水稻種子の初期成長に及ぼす作用

催芽前処理					催芽後（伸長開始時） 処理			
エチ クロゼート	ABA				3	1	0.3	0
	3	1	0.3	0				
5	% 108	116	139	118	88	97	107	104
1	147	144	132	120	93	96	109	103
0	120	122	113	100 (22mm)	95	97	102	100 (22mm)

籾を 24 時間、薬液に浸漬し、15℃ 下で発芽伸長させたときの芽の伸長率（無処理区対比%）。薬液濃度は ppm.

表 6 異なった温度条件下における IAA と
ブラシノライドの成長効果

温 度	ラミナジョイント屈曲成長率。()内は実測値		
	IAA (5ppm)	ブラシノライド (0.01ppm)	無 処 理
30℃	188%	177	100 (66 度)
20℃	155	187	100 (53 度)
15℃	102	143	100 (43 度)

オーキシン物質による果菜類の着果肥大促進効果は、低温不良栽培条件下においてのみ実用性が発揮される。施設栽培の普及には、オーキシン物質の利用開発が大きく貢献した。表 5 に示す ABA とエチクロゼートの相互効果も、15℃ 程度の低温条件のほうが発芽伸長に適する温度の場合よりも伸長率が大きく増大する。

最近注目されているブラシノライドとオーキシンの作用発現も、実験条件によって異なる。表 6 に示すように、IAA は 15℃ 下ではラミナジョイント屈曲成長を増大させない。しかし、ブラシノライドは IAA が作用を発現しない低温下（15℃ 下）でも成長を示す（未発表）。このように、実験条件によっては剤の示す効果の程度が逆転したり、場合によっては活性物質の特徴的な効果発現を見落としてしまうことがある。

さらに、処理方法が効果に差を生ずることもある。表 5 に示される効果は、催芽前の一時期のみの処理のほうが、被験植物体を薬液中においたままの場合より効果が高い。

成長物質の作用機構や成長現象に関する研究は、多くの場合、成長に好ましい条件下で行なわれる。生理活性物質を実用化する立場からは、成長に適さない条件下における情報の蓄積が重要な手がかりとなることが多い。

作用力の強弱と実用性の高低

成長調整物質を探索開発する際、バイオアッセイで示された作用力の強弱が実用性の高低を必ずしも示唆していないことを考慮することも重要である。生理活性物質を作物に与えたときの成長効果の大小と処理濃度との関係は、一般に図 4 のように示されよう。すなわち、濃度を高めるにつれ、効果は増大し、濃度 B において最大効果 (b) を示す。しかし、さらに濃度を高めれば効果は低下し、濃度 D 以上では無処理個体の成長をも下まわってしまう。さて、ここで、実用上有意義な成長効果が程度 (a) 以上であるとすれば、実用濃度は A～C である。一方、効果は大なるほど実用性が高いわけではなく、効果の程度が (c) 以上では、実用性を逸脱してしまうことがある。たとえば、伸長や肥大にしても、程度が過剰では実用性を欠いてしまう。実用濃度は、効果の程度 (c) 以下の範囲で設定されなければならない。当然、効果の最大値が (a) に達しない剤は実用性がない。効果 (a)～(c) の範囲の反応が得られる化合物が選抜されたとき、その範囲の効果を発現する濃度 A～C の幅が広い化合物ほど、一般に利用に供し易い。

2,4-D は、NAA に比ベ同等以上のオーキシン作用を発現するが、実用性は小さい。これは、実用可能濃度幅が狭く、利用条件設定が難しいことにもよる。また、カンキツの摘果効果において、エテホンはエチクロゼートや NAA に劣らない落果作用を示す。が、実用性を欠く。ところで、摘

図 4 処理濃度と成長効果の関係

図5 エチクロゼート、NAA、エテホン散布後のミカン葉からのエチレン発生量 (200 ppm 散布)

果効果発現の機作は、散布後のエチレン発生に主因があると考えられている。この3剤の散布後のエチレン発生様相は、図5のようになる⁽²⁶⁾。エテホン散布後の時間当たりエチレン最大発生量は、NAAやエチクロゼートより多く、落果作用も強い。しかし、エチレン発生消長が急激なため、安定した適度(実用性を逸脱しない範囲)の落果をさせる使用条件設定が難しい。このため、実用性を欠くことになる。NAAやエチクロゼートはエテホンより生理作用発現力が弱く、生理変化が緩慢であることが利用性を高める結果となっている。

このように、作用力の強弱は、同様の生理作用を示す物質群からどの物質の実用性が高いかを選抜するに当たって重要な検討課題である。

作物の発育形態

作物による本来の発育形態の差、また薬剤処理によって発育形態に差が生ずるところに、生理活性物質の実用方向が開けることがある。

稲や麦の倒伏は収量や品質の低下をまねき、収穫作業を困難にする。このため、倒伏防止剤に対する期待は大きい。エテホンは、麦類の倒伏防止に高い実用性を示す。しかし、稲には実用性がない。倒伏を防ぐため有効な成長調整作用の一側面は、稈の下位節間長を短くすることである。それによって茎が折れにくくなる。エテホンは、麦稲ともに目的とする稈の伸長抑制作用を発現する。なぜ稲には実用性がないかについては、麦との発育形態の差に起因する。エテホンは、幼穂形成期に散布されると稈実を低下させ、収量に影響する。稲では、下位節間の伸長時期と幼穂形成期が

接近している。一方、麦では、幼穂形成後も稲より遅くまで下位の節間の伸長がみられる。このため、稲よりも幼穂形成期から日数を経て散布しても、有効に稈の伸長を抑えることができる。このことから、欧米の麦作に急速に普及が計られつつある新利用技術となった。

GAによるブドウ種なし果実生産は、開花前処理によって開花時の胚のうと蒴(花粉)の発育に差を生じさせるため、受精が回避されることによると考えられている。また、近年、オーキシノ物質利用によるブドウ無核化技術が開発された^(29,30)。この機構は解明されていないが、GAによる機構とは異なると考えられる。

このように、作物の発育形態の特徴や差を生かすことが、成長調整剤の新利用分野につながる可能性がある。このような実用例をバイオアッセイレベルで認められた生理活性から予測することは難しい。この問題について新しい実用場面を開拓するには、作物の発育や形態に関する広い知識や、繊細な観察力こそが重要であろう。

成長調整効果とその有用性

バイオアッセイによって目をみはるような生理活性を示す物質が見つけたされ、幸いにしてある作物の成長調整を効果的になしえたとする。ここで、未だ重要な問題点が残ることがある。それは、成長効果がどれだけ高い有用性を発揮できるかである。すなわち、成長効果を農業生産上のどのような場面に意義づけられるかにある。それが、剤の応用性と普及性を左右することになる。成長作用の発現は認められるにもかかわらず、その作用が栽培技術としては取り上げるに足らないか、生産上からはマイナス効果を指摘するにとどまってしまうことがある。特に、1つの剤が多面的な成長効果を示す場合には、重要な問題点となる。

たとえば、果実の成熟成長のコントロールを目的とするとき、成熟現象を果実生産技術として応用する仕方は一様でない⁽²⁶⁾。我が国では、生食用果実の早期出荷は大きな経済効果を生む。しかし、加工用果実での数日の早期出荷には有用性がない。のみならず、省力化のため一斉機械収穫さ

れる場面では、早出し目的の処理法によると園内の果実毎の熟期が揃わず、かえってマイナス効果を生ずる。一斉収穫を目的とする場合には、各果実の熟期を集中させるための使用法が検討されねばならない。また、無加温ハウス栽培トマトや韓国のトウガラシは、初霜を向える時点で作物体がダメージを受け、成熟間近い多量の残存果実の収穫が不可能となる。これらの果実を降霜前に収穫可能にすることは大きな増収につながる。そのため、収穫開始を前進させるのではなく、収穫後半の果実の熟期を促進するような使用方法が検討されねばならない。この例のように、成熟促進現象の一面についても、その応用に対するニーズは多面的である。それぞれのニーズに最も適した使用方法が検討されねばならない。剤の示す成長作用が、どのような潜在ニーズに対し、どのように応用できるかについて、的確に問題点をとらえることがその剤の有用性を大きく導き出すことになる。このための実証試験は、通常、年一度の栽培事情に合せた機会に限られる。それだけに、問題点を正確にとらえていない実証試験は徒らに開発年限を労費しやすい。のみならず、剤の性能や有用性の低さの指摘に終わってしまう。この問題は、剤の利用開発に当って重要な側面である。

そ の 他

以上に例示した諸点は、成長調整剤の探索開発に当って特に考慮検討を要する問題点と考えられる。最後に、使用技術として完成するに当って散布の方法・回数・散布量が効果の程度に影響することも、成長調整剤の場合には特に配慮が必要である。

たとえばエチクロゼートによる果実成熟促進効果は、一度に散布する量を半量ずつ2度散布するほうが良い。GAによるブドウ無核果形成は、開花前後の2度の処理によってはじめて商品価値のある生産物が得られる。エテホンでは、面積当たり成分使用量を一定にして散布水量を変えると、効果や薬害の程度が大きく変わりやすい。これは、水割りとして飲むウイスキー量をストレートで一気に飲んだときとの effect の差異にたとえるこ

とができよう。一定の刺激量を分けて与えたほうが結果としての反応が高まることがある。微妙な生体反応の機微と言える。

このような問題は、殺虫殺菌剤や除草剤の場合よりも注意深い配慮が必要である。実際栽培面における効力試験に当って観察力と洞察力が重要となる問題点である。

*

作物の成長調整の目的は、増収、品質向上、省力化、栽培期間の短縮や作期の拡大、また観賞価値の向上などの効果に帰着しよう。バイオアッセイにより解読された生理活性を、作物の実用的成長調整現象に結びつけるための評価方法の確立を望む声はよく聞かれる。しかし、そのような手法の確立をはかること自体、不可能なことも思われる。なぜならば、作物のどのような生理機能や成長の側面をコントロールして、目的を達しうるかも一様ではないからである。

現状における実用技術の成果は、試行錯誤から選びとられてきたものが多い。いかに予想し、成功に達する確率と能率を高めうるかが、今後の課題である。そのためには、ここに例示したような問題点や配慮すべき点を常に念頭におき、それらと関わる情報を多く持ち、その中から目的に合った情報を選択し、再編することが必要であろう。さらに、作物が示してくれた、微細であっても特徴的な反応や、我々が得ている知見とは一見矛盾する現象、無用と思われたり、予想に反した成長効果などに関する観察力と、それを見すてない注意力も重要であろう。

作物の成長調整にかける夢は限りなく多い。1つひとつの夢を、実用技術として1つでも多く手中にできる日の早いことを期待したい。

文 献

- 1) “農薬要覧”，日本植物防疫協会編，1983。
- 2) 植物の化学調節，13(1)，(1978)。
- 3) 高橋信孝ら：“新版 植物調整物質の園芸的利用”，誠文堂新光社，1980。
- 4) 西 貞夫：“園芸作物とケミカルコントロール”，家の光協会，1971。
- 5) T.H.Thomas：“Plant Growth Regulator, Potential and Practice”，British Plant Growth Regulator

- Group, 1982.
- 6) J. S. McLaren: "Chemical Manipulation of Crop Growth and Development", Butterworth Scientific, 1982.
 - 7) L. G. Nickell: KIRK-OTHEMER: Encyclopedia of Chemical Technology, Vol.18, 3rd ed., 1982, p.1.
 - 8) *Chemical & Engineering News*, 56, 18 (1978).
 - 9) 農業ビジネス, No.368 (1978)~No.374 (1979).
 - 10) スペシャルティ・ケミカルズ, 1978・11月号~1979・1月号.
 - 11) 山下恭平: "植物の生理活性物質", 南江堂, 1975.
 - 12) 高橋信孝: '植物生理活性物質文献集', 植物の化学調節, 5(2) (1970)~8(1) (1973).
 - 13) 池川信夫ら: "生理活性物質のバイオアッセイ", 講談社, 1984.
 - 14) 室伏 旭: 植物の化学調節, 15(1), 11 (1980).
 - 15) 岡沢養三: 植物の化学調節, 14(2), 67 (1979).
 - 16) 折谷隆行: 植物の化学調節, 14(2), 12 (1979).
 - 17) P. F. Wareing & I. D. J. Philips: "Growth and Differentiation in Plants", Pergamon, 1981.
 - 18) 菅 洋: "作物の発育生理", 養賢堂, 1979.
 - 19) 古谷雅樹: "成長", 朝倉書店, 1982.
 - 20) 増田芳雄ら: "植物ホルモン", 朝倉書店.
 - 21) 長谷川宏司: 植物の化学調節, 14(2), 96 (1979).
 - 22) 紀平晶義ら: 農及園, 55(11), 77 (1980).
 - 23) 禿 泰雄: 植物の化学調節, 8(2), 84 (1973).
 - 24) 広田隆一郎: 農及園, 51(4), 57 (1976).
 - 25) M. L. Evans & P. M. Ray: *Plant Physiol.*, 52, 186 (1973).
 - 26) 禿 泰雄ら: 植物の化学調節, 17(1), 65 (1982).
 - 27) 勝見允行: 植物の化学調節, 9(1), 1 (1974).
 - 28) 菅 洋: "作物の発育生理", 養賢堂, 1979, p. 69.
 - 29) 柴 寿: 農及園, 55(2), 54 (1980).
 - 30) 安延義弘: 果実日本, 33(9), 40 (1978).

プロフィール

尾形 亮輔 (Ryosuke Ogata) 昭和6年7月15日生<略歴>1956年東京大学農学部大学院修士課程卒業/1959年博士課程中退, 同大学農学部園芸学第一講座助手/1973年 東北大学 農学部 助教授, 現在にいたる<研究テーマと抱負>リンゴ, モモなど落葉果樹におけるN栄養と生産性, 永年生木本植物の生長制御<趣味>釣り, ドライブ, 旅行

小川 智也 (Tomoya Ogawa) Vol.20, No.12, p.777 参照

禿 泰雄 (Yasuo Kamuro) 昭和15年3月30日生<略歴>昭和38年名古屋大学農学部農学科卒業/同年日産化学学生物化学研究所入社, 現在にいたる (45~57年は開発部門所属). 農博<研究テーマと抱負>作物の成長を制御するための生理活性物質の探索開発<趣味>山野で心ひかれた花や植物群落に毎年会いに出かけること. ゴルフやビリヤードなど, 止っているボールをコントロールする遊び

桐山 修八 (Shuhachi Kiriya) Vol.15, No.10, p.622参照. 現在北海道大学農学部農芸化学科教授

小林 幹彦 (Mikihiko Kobayashi) 昭和21年7月29日生<略歴>昭和44年東北大学農学部農芸化学科卒業/49年同大学院農学研究科博士課程修了(農博)/同年学術振興会奨励研究員/51年同大学農学部助手, 現在にいたる. この間, 54~56年米国アイオワ州立大学 (Dr. D. J. Graves) に留学<研究テーマと抱負>デキストラン合成酵素に関する研究, 多糖加水分解酵素, ホスホリラーゼの調節機構など. 酵素の反応機構の立場から糖質関連酵素を整理したい<趣味>

年々淘汰されて今は読書 (HMM, EQ-MM) くらい

辻 崇一 (Shuichi Tsuji) 昭和24年10月6日生<略歴>昭和49年東京大学農学部農芸化学科卒業/51年同大学院修士課程修了/53年同博士課程中退, 同大学医学部技官(教務職員), 現在にいたる<研究テーマと抱負>細胞分化誘導機構の解明<趣味>マダイ釣り, 海洋写真

永井 克孝 (Yoshitaka Nagai) 昭和6年9月7日生<略歴>昭和29年東京大学教養学部教養学科卒業/33年同大学伝染病研究所助手/41年同大学教養学部助教授/43年同医科学研究所助教授/49年東京都老人総合研究所生化学部長/54年東京大学医科学研究所教授(癌細胞学研究部長)/56年同大学医学部教授(生化学第2講座), 現在にいたる<研究テーマと抱負>糖脂質を中心とした生体膜機能の解明, 糖脂質の構造解析, 活性糖脂質の探索と機能解析, 糖鎖の遺伝子発現機構の解明など. このほか自己免疫性神経疾患の病因解析と治療法の開発にも従事している

野口 知雄 (Tomoo Noguchi) 昭和13年6月7日生<略歴>昭和38年大阪府立大学農学部農芸化学科卒業/39年和歌山県立医科大学生化学教室助手/46年同大学応用医学研究所病態生化学教室講師/50年同助教授/53年九州歯科大学生化学教室教授, 現在にいたる<研究テーマと抱負>動物のペルオキシゾームの機能, プリン分解系と動物進化, アラニン・グリオキシル酸トランスアミナーゼのラット肝臓のペルオキシゾームおよびミトコンドリアへの局在化機構<趣味>釣

り, 山遊び, 淡水魚の飼育, 酒

長谷 純宏 (Sumihiro Hase) 昭和18年5月1日生<略歴>昭和41年大阪大学理学部化学科卒業/47年同大学院理学研究科修了/同年同大学理学部助手, 現在にいたる<研究テーマと抱負>高感度な糖鎖分析システムの開発と応用<趣味>風景写真

平沢 正 (Tadashi Hirasawa) 昭和25年10月29日生<略歴>昭和48年東京農工大学農学部農学科卒業/同年同大学農学部技官/49年同助手/58年同助教授, 現在にいたる<研究テーマと抱負>根と地上部の相互関係に着目しながら作物の生育を見てゆきたい<趣味>スキー

伏木 亨 (Tohru Fushiki) 昭和28年1月13日生<略歴>昭和50年京都大学農学部食品工学科卒業/55年同大学院博士課程修了/同年同大学農学部食品工学科助手, 現在にいたる<研究テーマと抱負>生体と食物の相互作用, 特に食物摂取を起点とする情報のやりとりについて

藤森 嶺 (Takane Fujimori) 昭和20年9月4日生<略歴>昭和44年早稲田大学教育学部理学科卒業(生物学専修)/46年東京教育大学大学院理学研究科修士課程修了(植物学)/同年日本専売公社中央研究所勤務/54年農芸化学奨励賞受賞/55年同所主任研究員, 現在にいたる. 農博<研究テーマと抱負>たばこの成分を中心とした構造決定. ファイトアレキシンの研究を進めて高等植物と微生物の関わりあいの化学を追求したい<趣味>下掛宝生流謡曲, 社交ダンス, 音楽鑑賞 (特にピアノ曲)