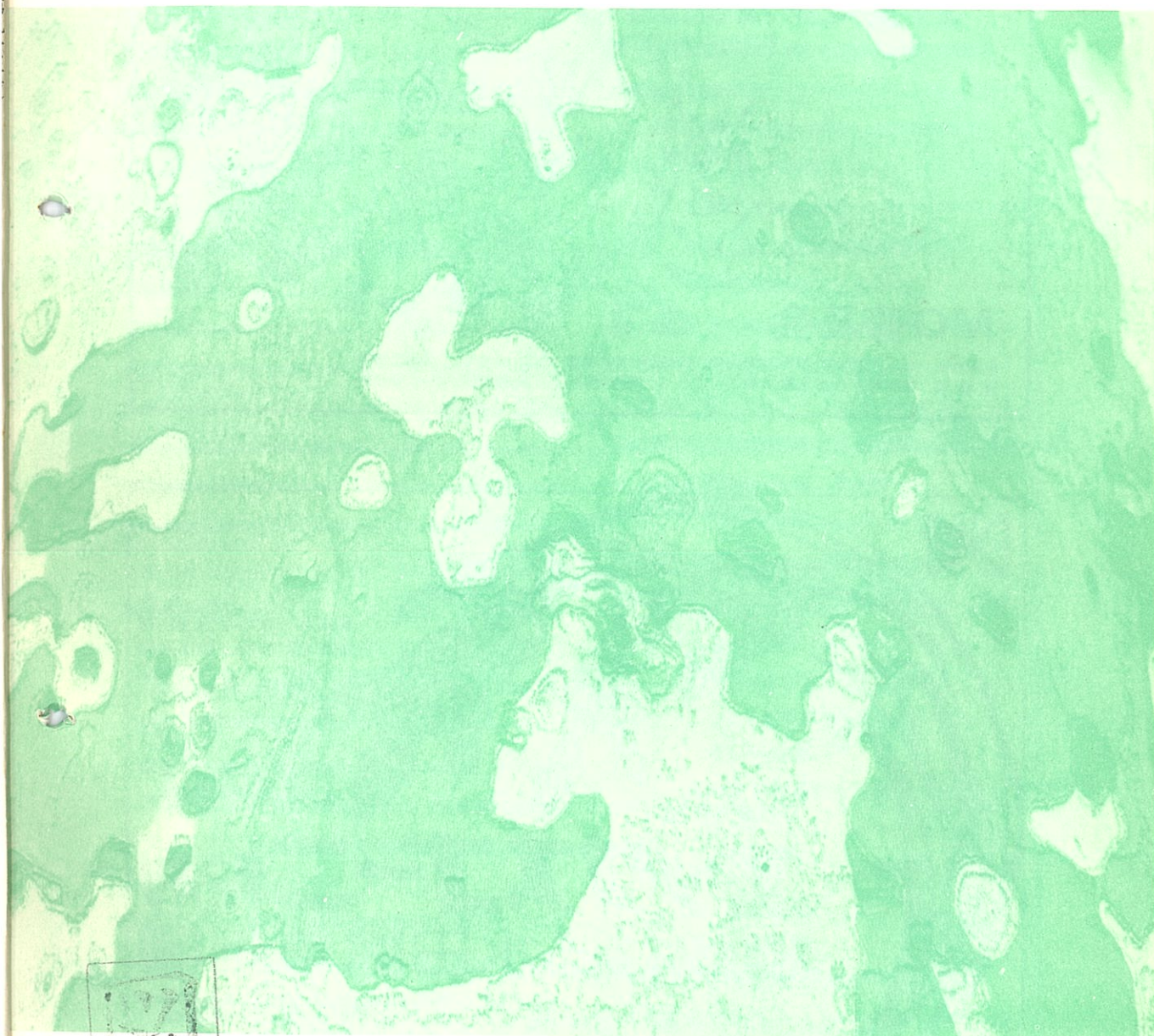


植調

第9卷第10号



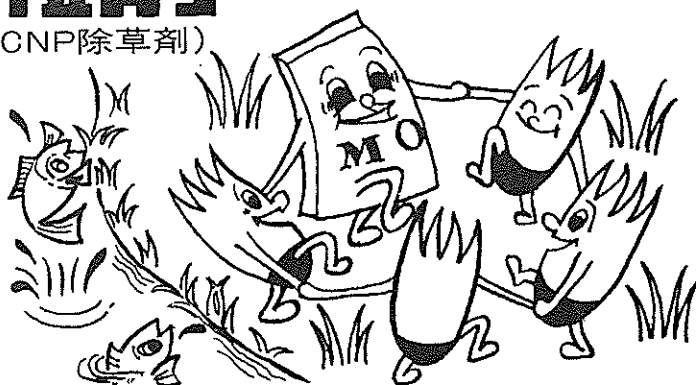
財団法人 日本植物調節剤研究協会編

安全でよく効く!

——水田除草剤——

MO粒剤

(CNP除草剤)



MO普及会

取扱会社 クミアイ化学、三共、北興化学、八洲化学、日本農薬、サンケイ化学、三井東圧農薬
事務局 東京都千代田区霞が関3-2-5 (霞が関ビル) 三井東圧化学株式会社内



稚苗移植栽培が急速に増加するにつれ、抑草期間が長く、しかも安全な除草剤への要求は、ますます強くなっています。エックスゴーニ粒剤は、これらの要求にピッタリの除草剤です。

田植前後に

エックスゴーニ粒剤

■頼れる水田除草剤■

代かき後7日以内
にお使いください。

エックスゴーニ協議会



日本農薬株式会社
〒103 東京都中央区日本橋1-2-5



石原産業株式会社
〒550 大阪市西区江戸堀上通1-11-11

資料請求券
※ 別
エックスゴーニ

除草剤をよりたやすく

このところ、毎年の行事のように、千葉県内の印旛沼周辺の稲作農家などの常連と連れだって、アメリカ、ソビエト、イタリアなどを駆けめぐりながら、それぞれの国の代表的な稲作地帯を訪れた。それらの稲作の生産規模は、いずれも数百ヘクタール以上で、大型機械を駆使する直播栽培を行っていたが、投下労働力は極めて少なく、単位面積当たりの収穫量は相当に高い。

管理作業のうち、病害虫防除のための、いわゆる農業はほとんど利用されないが、除草剤は極めてよく利用されている。実際の除草体系は、生育初期処理＋中期処理で、これにはDCPA乳剤やモリネート、さらにMCP系薬剤、またはそれを主体とする混合剤が利用されているが、その種類は極めて少なく、またそれらは、いずれもわれわれとなじみ深いもので、この点からもわが国の研究が極めて高い水準にあることが首肯された。

ところで、わが国で流通している除草剤は、その種類が極めて多い。これは、稲の多様な栽培型、複雑な水田立地、雑草の発生態、とくに除草剤利用による雑草生態系の変化、さらには除草効果に対する期待度など、さまざまな要因によるものであろうか。それにしても、稲作農家は除草作業をたやすく行うために、より適用範囲の広い有効な除草剤の出現を期待している。

この種の研究の本来の目的は、除草作業を安全な省力技術として確立することによることに鑑み、なお一層の発展を願うものである。

(林 政衛)

目 次

(第9巻第10号)

年 頭 雑 感	2
＜農林水産技術会議 川嶋良一＞	
新年にあたって	4
＜日本植物調節剤研究協会長 戸町義次＞	
植物の組織培養	5
＜野菜試験場 西 貞夫・大沢勝次＞	
はじめに	5
1 植物組織培養略史	5
2 組織培養と生育調節物質	6
3 植物組織培養の応用場面	8
一とくにその育種的利用一	
4 植物組織培養の実際	18
おわりに	24
水田多年生雑草の種生態と防除	25
＜農事試験場作物部 草薙得一＞	
はじめに	25
I 水田多年生雑草の分布と生態	26
1 種類と分布の現況	26
2 2,3の種生態的特性	27
3 葉数および分株発生の推移	31
一とくに除草剤の処理期に関 連して一	
II 水田多年生雑草の防除法	34
1 主要な除草法とその特徴	34
2 除草剤による生育期防除に おける問題点	35
おわりに	36
昭和50年度桑園関係除草剤・生育調 節剤試験成績概要	39
昭和50年度茶園関係除草剤・生育調 節剤試験成績概要	42

年 頭 雑 感

農林省農林水産技術会議研究総務官 川嶋良一

あけましておめでとうございます。

昭和も51年目に入り、今年もさまざまな事柄が次々におこって、一喜一憂しながら歴史をつみかさねてゆくことと思いますが、植調の関係者にとって、よりよい年になりますように、年のはじめにあたって、心から祈念いたします。

＊ ＊ ＊

日ごろご無沙汰をしておりますので、あらたまってモノをかくということになりますと、ものおじしてしまいますが、年のはじめの曙蘇気分で、思いつくまま、お目をけがしたいと思います。

さて、何よりも驚き、かつ感嘆にたえないのは、除草剤の使用の増加ぶりです。最近号の巻頭言で、残留農薬研究所の堀理事長が述べておられるように、これまで1～2度ならず、除草剤の伸びも、もうここらが山かと考えられながら、かえってその都度、大きく飛躍してきたことは、関係者の努力のたまものとはいえ、奇跡的とさえ思われます。

戦後まもなく、2, 4-Dが登場したころに、このような発展を予想することはできなかったと思います。また、PCPの威力は、もはや水田では雑草が根絶してしまっていて、除草剤の必要もなくなるのではないかとさえ思わせました。いまにヒエの種子を水田にまいて歩かないと失業してしまうぞ、などとケンカラヌ冗談をいいあったことがウソのような気がします。

それにしても、これほど除草剤の使用がふえても、水田でさえ手取除草が全くなかったとはいえないようです。まして、除草剤がまだ一部にしか使われていない畑では、除草に人手を多くかけています。除草剤の有効適切な使用を期待されている場面は、まだまだ多いといわなければなりません。目にみえていて、放っておけば作物は減収し、作業の邪魔になる雑草の防除から人手のいらなくなることの一日も早くおとずれることを期待したいものです。

＊ ＊ ＊

除草剤の発展にたいする期待が大きければ大きいほど、雑草そのものについての研究の重要性がましてくることもいうまでもないことでしょう。日本人はせっかちなので、敵を知ることにかかる努力をとにかく怠りがちで、てっとり早く除草剤でかたづけようとあせりすぎますが、この点は大いに反省の必要があると思います。

病虫害防除のほうで、最近は総合防除の必要性が強調され、実効もあがりつつあるようですが、この点は雑草防除のほうで先輩かもしれません。というよりは、雑草防除のほうは除草剤だけで防除するところまではいかないの、やむを得ず総合防除的なのであって、できれば除草剤の単独防除だけですませたいと思っているのかもしれない。

しかし、除草剤を有効適切に使用するためには、雑草の状態を最小量、最小回数の除草剤使

用で防除できるようにしておく必要があることはいうまでもないことで、このためには雑草自身はもちろん、栽培技術全般にわたって、雑草とのかかわりあいを究明しなければならないでしょう。

ところで、総合防除について、最近こんなやりとりがありました。総合防除の総合という意味はどういうことかね、というのです。防除はもともと総合的であるべきで、いまさらなにを総合するというのか、というのです。ちょうど、農林省が総合農政や総合食糧政策というときに、ねらいのコメ退治をかくしてもっともらしく粧うのと同じで、農薬の評判が悪いので、農薬を使わないですむような粧いをみせかけるために、総合防除などというのではないか、というのです。

農林省の役人にとって、総合農政や総合食糧政策にたいする非難は、「そんなことはありません。文字どおり諸施策を総合して全力をあげて農政なり食糧政策を推進する所存であります」と反論することになります。総合防除のほうはどうでしょうか。まにあわせの考え方なり方法でない、ほんとの意味での総合防除ならば、雑草防除もそうありたいものだと思います。

＊ ＊ ＊

わが国の除草剤の歴史は、戦前の少数の研究をのぞけば、戦後25年にすぎません。雑草の研究にしても、農林省の試験場で本格的に研究をはじめたのは、戦後まもなく、農事試験場の鴻巣試験地に雑草防除研究室ができてからですから、これも30年に満たないことになります。それにもかかわらず、除草剤はいまや殺虫剤を凌駕しようという勢いにあり、植調も10周年をむかえて立派な研究所をつくるなど発展の跡がいちじるしいし、雑草防除研究会も15年たらずで

昨年には日本雑草学会と発展しました。まことによろこばしい限りです。

雑草と雑草防除の関係の研究者も量・質ともに増大し、研究内容も年々充実してきていることも、よろこばしい限りです。とくに、現在の各方面の最高指導陣が、ほとんど戦後の創成期に第一線で活躍した方々であることは、まさに花開くという感じで、豪華けんらんたるものがあります。

ひるがえって、私ども農林省の試験研究機関についてみますと、これだけの発展にくらべて、雑草や除草剤を専門に研究することをうたっているのがわずか5研究室でいどしかないということは、やや奇異の感がしないでもありません。もちろん、栽培関係の研究室には雑草関係の研究者がかなり散在してはいますが。

これだけの大きな分野の研究推進が、専門の研究室の数だけの問題ではなく、ほかの面でもいろいろと考えさせられることが多いような気がします。雑草防除研究の発展のために、いま何ができるのか、いま何をしておかなければならないのか、新年の課題にふさわしい——などといっちは屠蘇気分がさめてしまいそうですが——いろいろな機会にお互いに考えてみる必要があるのではないのでしょうか。

とりとめのないことになりましたが、おゆるしのほどを。

年間購読料・送料の改訂について

昭和51年1月より、郵便料金が大幅に値上げされましたので、下記の通り改訂させていただきます故、何とぞご了承下さい。

記

年間購読料：3,000円

1部の郵送料：100円

新 年 に あ た っ て

財団法人 日本植物調節剤研究協会会長 戸刈義次

除草剤による除草法が、量的にも質的にも労働軽減に貢献したことは甚大である。耕耘・整地はもとより、田植や収穫も機械化により省力がめざましく進んだ。施設園芸における暖房や灌水、果実の選果や包装にも自動化が美事に実現した。真に世をあげて省力技術が普及し、日本農業の様相は一変した。

戦後、日本農業の再建に当たって、従来の多労で低所得の農業から、少労で高所得の農業に転ずることが何にもまして重要な目標とされたのであるが、以後30年にわたって労働生産性の向上、忙しさからの解放、生産費の低減、企業の農業への接近、先進国農業と太刀打ちするために、などを合言葉に、この道一筋に歩いた成果として今日の省力技術の実現は、日本農業の革新とも称すべく、賞讃されてよいであろう。

事実、今日農業の新技术といえ、その開発にも普及にも実施にも、必ず所要の労力・時間が第一の問題とされるように、農家も普及員も技術員も研究員も、労力問題は体内に沁みこんで本能的とも思えるほど敏感になっている。

いっぽう昭和30年代に始まった所得倍増、経済の高度成長は、最小の資本と労力で最大の利潤をあげるとの経済原則を忠実に実現するもので、万人にその明快な論理が受け入れられ、使い捨て、消費は美德、国際分業論などが深慮なく謳歌され、何ごとをなすにも省力は最大の条件で、時には働く者は愚かとさえみられ、働き

蜂、猛烈社員などの揶揄的・自嘲的呼称が流行した。

かくして労少なくして功多きを狙う思想は、国をあげ、一世を風靡し、働くことに気恥ずかしさと格好悪さを、時には罪惡視する風潮さえ生まれてきた。当然の結果として労力不足に拍車をかけ、その理由によって拒否される技術や事務遅滞が増加している。

なるほど開発すべき技術や方式は最小の労力で最大の成果を目標にするのは当然である。しかしそのような技術や方式を作出するためには、最小の労力で可能の筈はなく、最大の労力を傾注してこそ成功の道が開けるのである。何ごと最初から労せずして成果をあげ得るものではなく、ある技術に習熟し、ある知識を修得するまでは常に最大の労力を要するのである。これを裏返せば勉強せずして試験に合格を期すのと同様で、その非は明白である。

試験研究において成果を期すためには、観察や調査に最大の労力を投ずることが必要である。最近の研究報告書をみると結果の報告が主で、その結果を得るに至った中途の経過の調査を欠いたり、不足のために、その由ってきた由来が不明で、理解不能のものが目につく。これも労力節約のためであるなら、反省を要することと思う。

研究者は最小の成果をあげるためにも、最大の労力を傾ける心構えが大切と思う。

植物の組織培養

農林省野菜試験場育種部 西 貞夫・大沢勝次

はじめに

植物の組織培養とは、広範な内容を含んでいるものであって、根・葉・茎・子房・胚珠・胚・蒴・花粉などの器官を、培養して発(生)育させようとする器官培養、形成層・根や茎の柔細胞組織・胚乳組織・茎頂組織・腫瘍組織などを培養の対象とする組織培養、さらに単一の細胞やプロトプラスト(細胞壁のない遊離細胞)を扱う細胞培養などに分けることができる。

1. 植物組織培養略史

組織培養の技術とは、目的とする植物体の組織を、無菌状態で取り出して養分を含む(無菌)培地上に置き、これを分化あるいは発達させる技術のことである。植物体の一部を取り出して、長期間生育・維持させようという考えは、20世紀初頭の「植物細胞には細胞1個で分裂し、増殖する能力が潜在している」(Goebel, 1902)という主張がよりどころとなっている。この考え方によって、ドイツのHarberlandt(1902)が、ヒメオドリコソウの葉肉、表皮、おしべなどの細胞を、ガラス器内で培養したのが、植物組織培養のはじまりであるが、この実験は材料の成熟度が進みすぎていたことや、置床した組織片が小さすぎたこと、さらにもともとヒメオドリコソウが、細胞培養の困難性の高い単子葉植物であったことなどによって、成功しなかつ

た。しかし彼は、材料の切断面に傷をつけることによってできる物質のあることを認め、この物質を癒傷ホルモン(trauumatina)と呼び、その切口にできる不定形の細胞集団をカルス(callus)と呼んだ。現在この「カルス」という言葉は、組織培養にとって欠くことの出来ない言葉となっている。Harberlandtのこのような試みは、動物についても行われ、1910年前後にHarrisonやCarrelらは、培地に血清や胚汁などを添加することによって、動物細胞を長期間維持・培養することに成功し、培養法の基礎が着々と確立されて行った。

植物の場合における、真の意味での組織培養の第一歩は、アメリカのWhite(1934)とフランスのGautheret(1934)の両者によって、全く独自に行われた。Whiteはトマトの根端を用い、無機塩類、糖、さらに酵母抽出物を含む培地上で、根の性質、形態を失わずにこれを増殖生長させようことを認め、Gautheretはカエデやヤナギなど木本植物の形成層の断片が、グルコースを添加したKnop液中で増殖・維持することを認めたのである。このようにして、1930年代の終りまでには、タバコ、ニンジン、トマトなどの組織を、培養基上で無限に培養しうる事が明らかにされ、組織培養の基礎が一応確立されたのであるが、1940年に入るとアメリカのVan Overbeek(1941, 42)は、それまでの技術では培養の不可能であったチョウセンアサガ

オの幼胚を、ココヤシの胚乳（ココナツミルク）を加えることで容易に培養しうることを見出し、ココナツミルクには胚を生長させる作用やカルスを作る作用、細胞分裂を促す作用などのあることを明らかにした。その後ココナツミルクは、広く組織培養一般に用いられるようになったが、その中の有効物質の検討が、カイネチンやサイトカイニン類の見出される端緒ともなり、また液体培養にココナツミルクを用いることによって、単細胞培養の成功へとつながっていった。単細胞培養を行うにあたっての問題は、単細胞をいかにして組織から傷をつけずに分離するか、ということであったが、Stewardら（1958）は組織を液体培地で回転または振盪培養することによって、培養液中に多数の単細胞が浮遊して来ることを見出した。さらに仕事を進めて1961年に、ニンジンを用いて、単細胞が遊離・浮遊している状態で回転培養を続けることによって、単細胞に細胞分裂を行わせ、細胞塊（カルス）の形成を経て、最終的にそれらから、芽や根を分化・発育させ、完全なニンジンの植物体を誘導することに成功した。このことによって、1902年にGoebelが予言しHarberlandtが実験した植物細胞の個体再生能力（totipotency）が60年後に実証されたわけである。この実験の成功は、その後の組織培養の技術と進歩に測り知れぬ影響を与え、近年におけるあらゆる分野での組織培養の、発展の基礎となったものであるといえよう。

2. 組織培養と生長調節物質

このような歴史を持つ植物組織培養は、近年になって一層めざましい発展を見せ、当初の植物生理学の領域にとどまらず、分子生物学、生化学、薬学、遺伝学、育種学などの分野にその

有効性を発揮している。その有効性の発揮は、何といても、組織培養によって、植物の一部組織片を脱分化（カルス形成）させたり、再分化（植物体誘導）させたりすることが可能であるというところにあり、その限りにおいて植物ホルモンとしてのオーキシンやサイトカイニン、ジベレリンなどの働きに、最も大きな関連があるとされてきたのは当然である。

(1) 分化と形態形成

分化した組織が植物体から切りはなされて、ある特定の培養条件下におかれると、その分化の方向性を失い、組織としての特性がなくなって脱分化（カルス化）する。またいったん脱分化したカルス細胞は、特定の条件を与えられると、再び分化をはじめて、根や芽を作るのであるが、この間の物質的な要求に対して、組織培養はかなり詳細な答を出すことができる。

Skoogらは、1957年に、タバコの髄部の培養によって、根あるいは芽の分化は、カイネチン（またはアデニン）とIAA（インドール酢酸）の均衡によって支配されていることを明らかにした。すなわち、IAA濃度を 2 mg/l （約 10^{-5} M ）に一定にした培地で、共存するカイネチンの濃度を0, 0.02, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 10.0 mg/l とすると、カイネチンの0.02 mg/l では根が、0.2 mg/l ではカルスが、また0.5 mg/l と1.0 mg/l では茎葉が、さらにそれ以上ではカルスの形成されることを認めた。このようにタバコの髄部が、オーキシンとカイネチンの特定濃度下で、特定の器官形成を示したわけである。この根と茎葉の分化に対するカイネチン濃度の不連続性は、分化を考えるうえで極めて興味深い事例を提示し、その後の多くの組織培養の実験例をみても、幾つかの例外を含みながらも、カルスの誘導はオーキシンまた

はその類縁物質によって引き起こされ、根や芽の分化はサイトカイニン類の添加が特定の濃度で与えられた場合に、引き起こされることを示している。

筆者らの研究室でも、多くの野菜類を用いて、各種器官組織の培養を行ってきたが、2,4-DやNAAを 10^{-5} M程度含む培地で、大半の野菜の各種器官からカルスの形成されることを認めている（例外はニンニクの貯蔵葉組織、ラッキョウとニンジンの蒴組織、イチゴの花托組織、ヤマイモの塊根内部組織などである。また芽や根の分化については、Skoogのタバコの例と異なり、多くの野菜でオーキシシンレベルよりもサイトカイニンレベルの高い培地で（例えばNAA 10^{-6} M + ベンジルアデニン 10^{-5} Mの共存する培地で）最も良く茎葉の分化することを認めている。用いた植物の種類や器官が異なり、切り取る組織片の大きさや状態が異なることによって、内生するオーキシシンやサイトカイニンのレベルの違うのが当然であり、したがって培養する植物の種類や部位が異なれば、培地中の最適オーキシシンやサイトカイニンのレベルが異なるのはむしろ当然であるが、各器官からの脱分化、再分化を支配しているものは、培地の組成、とくにオーキシシン類とサイトカイニン類の相互作用であると思われる。

植物ホルモンとして有名なジベレリンは、後述の胚珠培養などで完熟種子を得るために、良く用いられているが、カルスの形成・増殖や、器官分化などに、重要な働きをしてはいないようである。しかし作物によっては、オーキシシンとの共存効果や抑制効果などが認められることもあり、薬品として容易に手に入りやすいこともあって、組織培養培地に添加されることがある。

(2) 植物組織培養で使用される生長調節物質

以上のように、培養組織のカルス形成や茎葉分化を誘導する生長調節物質として、図1にオーキシシン類を、図2にサイトカイニン類を示した。これらオーキシシン類のうち、IAAは植物体内にあるIAA酸化酵素や光によって分解されやすく、その効果が不安定なためにカルスを形成させるオーキシシンとして適当ではない。また2,4-Dを用いると、たしかにカルスは大量に得られ、増殖も早い、得られたカルスは再分化（茎葉の分化）しにくくなる様に思われる

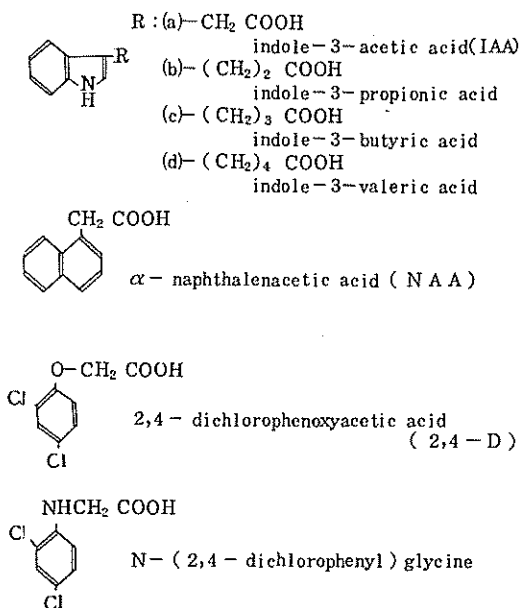


図1 オーキシシン類

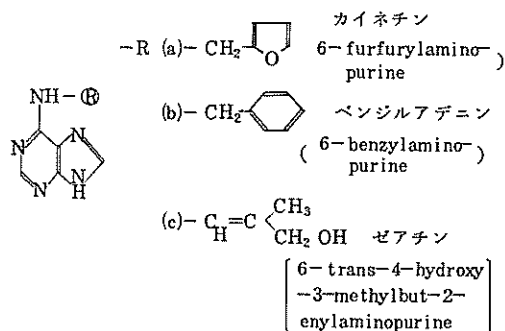


図2 サイトカイニン類

で、現在、筆者らの研究室では、効果が安定しており、茎葉の分化も良く認められるNAAをオーキシシンとして使用している。またサイトカイニン類としては、BA（ベンジルアデニン＝6ベンジルアミノプリン）がカイネチンよりも安価で、しかも効果が高い（ $BA 10^{-5} M$ とカイネチン $5 \times 10^{-5} M$ がほぼ同等の効果を示すようである）ので、筆者らの研究室ではBAを用いている。

3. 植物組織培養の応用場面 — とくにその育種利用 —

組織培養は、形態形成に関する研究や栄養生

表1 胚培養の育種への利用

培養の対象	属名	研究者	培養の対象	属名	研究者
同種ではあるが倍性性の異なるものの間の雑種胚	アヤメ	Werckmeister, 1934	種間雑種胚	シナガワハギ	Webster, 1955
	トウモロコシ	Uttaman, 1949		キク	金子, 1957
種間雑種胚	ア マ	Laibach, 1925	種間雑種胚	イネ	中島ら, 1958;
	ナ ス	Jørgensen, 1928		アブラナ	Bouharmont, 1961
	Galeopsis	Müntzing, 1930		ドクムギ	西, 1959
	ワ タ	Skovsted, 1935;		オオムギ	Grant et al., 1962
		Beasley, 1940;	属間雑種胚	×ライムギ	Brink et al., 1944
		Weaver, 1957		チョウセンアサガオ	Blakeslee et al., 1944
	サクラ	Skirum, 1942;		×Brugmansia	Iwanowskaya, 1946
		Emsweller et al., 1962		コムギ	Farquharson, 1957
	ユ リ	Skirum, 1942;		×エゾムギ	
		Emsweller et al., 1962		Tripsacum	
	チョウセンアサガオ	Blakeslee et al., 1944;		×トウモロコシ	
	トマト	McLean, 1946		コムギ	Hall, 1954, 1956;
	マ ツ	Smith, 1944		×ライムギ	渡辺ら, 1959
	オオムギ	Stone et al., 1950	休眠胚 (育種年限短縮)	バラ科の果樹	Von Veh, 1936;
		Konzak et al., 1951;			Tukey, 1933, 1938, 1944;
	アカツメクサ	Davies, 1960			Skirm, 1942;
	アヤメ	Keim, 1953; Evans, 1962			Nickell, 1951;
	カボチャ	Lenz, 1954			Zdmikovskaja, 1954
	インゲン	Wall, 1954			Randolph et al., 1943
		Honma, 1955		アヤメ	Lammerts, 1946;
				バ ラ	Asen, 1948

* 雨宮 (1964) および Sanders ら (1963) 参照。

るが、発展性に富む課題でもあり、世界中で研究が進められている。

理学、植物病理学などの分野の発展に、大きな貢献をして来たが、近年になって蒔培養による半数体の育成や試験管内受精による不和合性の除去など、育種学の分野で、幾つかの注目すべき成果をあげている。さらに最近になって、培養した植物細胞の細胞壁を酵素で除去し、異種類の細胞同士を融合させ、今まで世の中に存在しなかった、全く新しい植物を育成しようとする試みが発表されたことにより、組織培養の育種利用が大きな関心の的となっている。

もちろんこの分野の研究は、緒についたばかりであって、実際の育種に生かされるまでには、解決しなければならない多くの問題も残ってい

以下に組織培養技術の育種利用について述べてみよう。

(1) 胚 培 養

種間・属間など、遠縁植物の交配をすると、たとえ受精がなされても、雑種胚が発育を停止したり、退化・致死してしまうことが多い。その原因としては、受精後に起こる胚と周辺組織間の生育不均衡や胚乳細胞の分裂異常による退化現象などが知られている。したがってこれから雑種胚を得るためには、退化前に胚を摘出し、無菌状態で培養して、正常な胚に発育させることが必要なのである。

筆者らの研究室では、1955年以来、ハクサイとキャベツの雑種胚の培養を行っているが、ハクサイが母株の場合の雑種胚は交配後20日、キャベツが母株の場合の雑種胚は交配後30日で、それぞれ退化現象の起こることを認めている。この胚を、退化・崩壊する前に摘出して培養し、植物体を育成することに成功したが、その植物体は染色体数 $2n=19$ 本で不稔であるから、コルヒチンで倍化して複二倍体植物を育成し、種子による繁殖を可能にした。この植物は、ハクサイとキャベツの中間の形質を示す新しい野菜「ハクラン」として世に出ている。

表1には胚培養が育種に利用された例を示したが、このように極めて多くの植物を材料として種間・属間雑種胚が得られている。また休眠種子から胚を摘出して培養することによって休眠を打破し、育種年限を短縮しえたという報告もあり、育種利用はなおいろいろな面で考えられる。

(2) 胚 珠 培 養

胚培養に比べると胚珠培養の歴史は新しく、N. Maheshwari (1958) がケンを用いて、受精後の胚珠を子房から取り出し、発芽能を持つ種子にまで発育させたのが最初である。当初胚珠培養は、種子形成の機構を明らかにするため

に試みられたのであるが、今では雑種植物獲得の手段ともなっており、将来は未受精胚珠の培養による半数体育成も試みられることであろう。胚珠培養では、培養する胚珠の受粉後の日数と胎座(図3参照)がついているかが、培地上での胚珠の発育を左右しているようである。表2

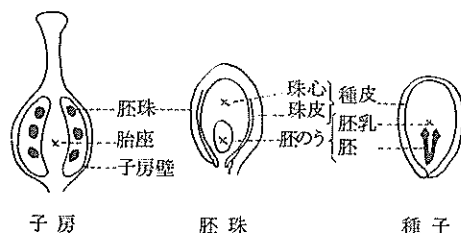


図3 種子形成模式図

に胚珠培養の例を示したが、表から明らかのように、培養に成功し完熟種子の得られた例は、球状胚程度に発育した胚を持つ胚珠が、胎座をつけた状態で培養された場合に多くみられ、反対に受精直後の胚珠を培養して、完熟種子を得た例は少ない。

胚珠中のオーキシン(IAA)の消長に関するデータも知られている。図4にモモの種子の例をあげたが、オーキシンは胚乳の発育に伴って急速に増加し、やがて最高値に達した後、胚乳の退化・消失に伴って、ふたたび急速な減少を示しているように見られる。このことから胚珠中のオーキシンが胚乳によって生産されると仮定すると、受精直後の胚珠は胚乳が未形成であるから、胚珠自身ではオーキシンを生産することができないことになる。この時期の胚珠の培養に胎座組織が必要なのは、胎座を通してオーキシンが胚珠に供給されていることを示唆するものと思われる。

(3) 試 験 管 内 受 精

柱頭上での花粉の発芽抑制や、花柱内での花粉管の伸長抑制など、遺伝的な因子に支配され

表 2 種々な植物の胚珠培養

植 物 名	置床時の胚珠の stage		培 地	研 究 者
	受粉後日数	胚の stage		
タマネギ	13 日	心臓型期	N	Guha et al., 1966
アブラナの一様	1 ~ 2	接合子期	NV	Kameya et al., 1970
Citrus microcarpa	50	球状胚期	W+CH	Rangaswamy et al., 1959
Citrus reticulata	55	球状胚期	W+CH	Sabharwal, 1963
ワ タ	6	12 細胞期	W+CH+KまたはW+Ovule extract	Joshi, 1962
フウチョウソウ	4	球状胚期	N	Chopra et al., 1963
ホウセンカ	6	球状胚期	N	"
タバコ	4 ~ 5	2 細胞期	NV	Duliew, 1966
ケ ン	6	接合子期	NV	N. Maheshwari et al., 1961
ペチュニア	4	4 細胞期	NV+NAA	中尾ら, 1969
シロツメクサ	1*	接合子期	N+CJ	Nakajima et al., 1969
タマスダレ	5	球状胚期	NV	Sachar et al., 1959
	2	接合子期	N+CMまたはCH	Kapoor, 1959

* 開花後日数

N : Nitsch の培地, NV : Nitsch の培地+ビタミン, W : White の培地, CH : カゼイン加水分解物, CJ : キュウリ果汁, CM : ココナツミルク, K : カイネチン, NAA : ナフタレン酢酸

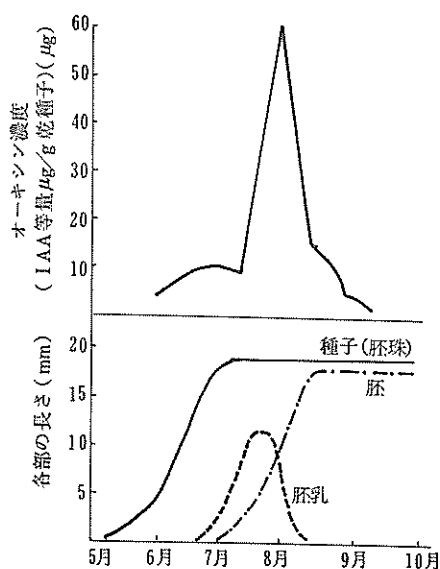


図 4 胚珠の発育と胚珠中のオーキシン (モモ) (Lloyd et al., 1966 より)

ている不和合性や不親和性を示す植物では、受粉しても受精が行われず、古くから育種上の大きな問題となってきた。この古くて新しい問題に解決の糸口を与えたのは Kanta ら (1963) である。彼らは柱頭や花柱に存在する物質 (換言すると柱頭や花柱の存在) が不和合性をもた

らす要因であることから、胚珠と花粉を試験管中で共存させることによって不和性を解消できるのではないかと考えた。そこでケンやタバコを用い、未受精の胚珠のついた胎座を切り取り、その上に無菌的に花粉を散布した。花粉は培地上や胎座・胚珠上で発芽し、胚珠内に侵入して受精し、さらに培養を続けると、完熟種子にまで発育させることができた。この研究に刺激されて、その後多くの研究者が試験管内受精の実験を続け、表 3 に示す植物で成功している。これらのうち、Kameya ら (1970) がユキナの胚珠にマナの花粉を受粉して、雑種植物を得ていることと、Zenkler (1967) が交雑不親和性のあるナデシコ科の数種植物で、種間・属間交配を試み、試験管内受精を利用して、発芽能力のある雑種種子を得ていることは特筆に値しよう。試験管内受精は、花粉の試験管内での発芽・受精と受精した胚珠の発育という二つの質的に異なった場面の組合せで成り立っているものであるから、①発芽能力のある無菌花粉を得る方法の検討と、②受精した胚珠を発育させる

表3 試験管内受精の成功例

植 物 名	研 究 者
ケ シ アザミゲシ ハナビシソウ Nicotiana rustica タバコ	Kanta et al., 1963
Petunia violacea*	Shivanna, 1965
カーネーション	Zenktele, 1965
タバコ*	Dulieu, 1966
キャベツ**	Kameya et al., 1966
Petunia axillaris	Rangaswamy et al., 1967
Melandrium album×M. rubrum***	Zenktele, 1967
Melandrium album×Silene schafta***	
ユキナ×マナ**,***	Kameya et al., 1970

* 子房置床

** 胚珠のみ置床、他は胎座についた胚珠を置床。

*** 種間または属間交配。

培地の検討などが、今後解明されなければならない課題であろう。

(4) 薬 培 養

1966年にデリー大学の Guha らが、チョウセンアサガオの薬を培養して embryoid (胚状体) を育成し、それらから半数体の得られたこ

とを報告して以来、薬培養の研究は世界的に注目を集めることとなった。もともと Guha らは、花粉母細胞の減数分裂を研究する目的で、種々の発育段階の薬を培養していたのであるが、培養中に半数体が得られたことにより、これが画期的な育種技術ともなったのである。薬培養によって半数体が容易に得られるならば、その倍加によって、容易に固定した純系が得られることになり、他殖性の植物はもちろんのこと、自殖性作物についても、従来の育種概念を

根本から変えるほどの育種年限短縮が可能になるはずであり、さらに半数性細胞や半数体植物は、各種形質の遺伝研究に極めてすぐれた素材を提供することになるはずである。

図5は、両親の形質が花色・葉数・葉色および草たけについて異なっており、それぞれの形

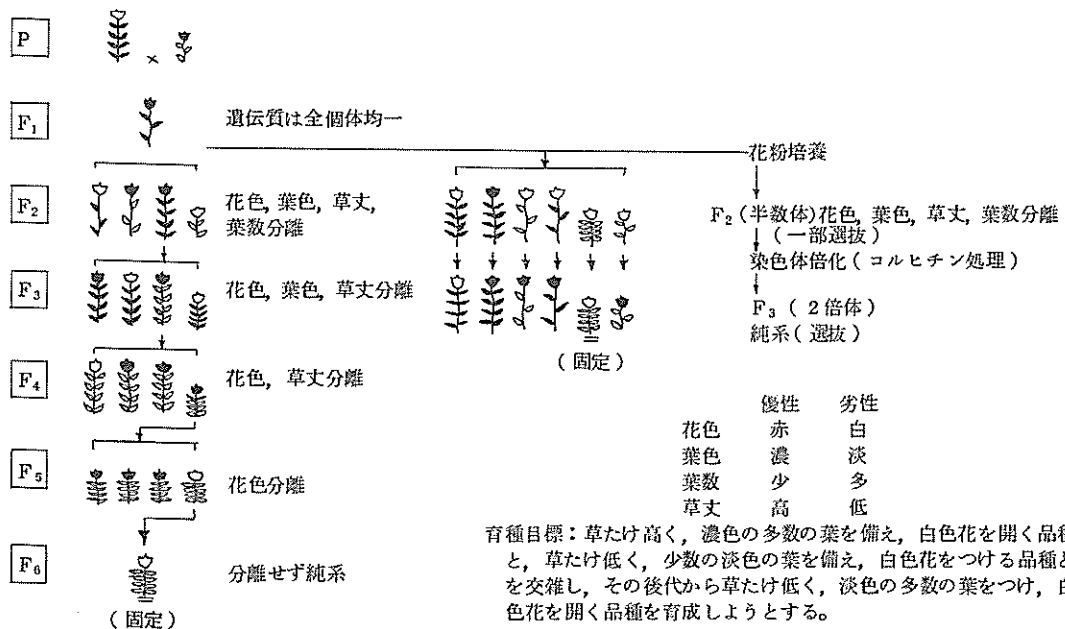


図5 交雑育種法と半数体利用育種法の比較 (中田ら, 1968)

質が、独立遺伝をする1個の遺伝子によって支配されている場合を例にとり、半数体利用の育種法と、交雑育種法との育種過程を、模式的に比較したものである(中田ら, 1968)。交雑育種法では F_2 世代において、目的とする遺伝子の組合わされた個体が、256株中1株の割合で出現するにすぎないが、この図では F_6 で固定系統が得られたとして示されている。半数体利用育種法では、半数体の形質がさまざまに分離しているが、交雑育種に比べると遺伝子の組合せ数が少なく交雑育種法の場合の平方根分の1、すなわち16分の1の割合で出現することになるので、選抜がきわめて容易になるわけである。

収量・品質など多数の遺伝子が関与している育種では、最初は交雑育種法で出発し、 F_2 において若干の個体を選抜したのち、その花粉を培養して半数体を育成すると、効果的であると思われる。

現在までに半数体の育成に成功した代表的な

表4 薬培養による半数体の育成

植 物 名	培 地 組 成		花粉の発育程度	研 究 者
	基本培地	主 な 添 加 物		
チョウセンアサガオ	Nitsch	CM 15 %	1核期から2核期	Guha et al., 1964, 1966, 1967
シロバナヨウシュチョウセンアサガオ	Nitsch	CM 15 %	1核期から2核期	Guha et al., 1967
タバコ	改良RM-1964	IAA 4mg/l, K 2mg/l	4分子期	中田ら (1968)
タバコ Nicotiana glauca N. glutinosa N. rustica N. sylvestris	Nitsch	IAA 0.05~0.1mg/l	1核期の終期 (体細胞分裂期の直前)	Nitsch, 1969
イネ	Miller または RM-1964	IAA 2mg/l, K 2~4mg/l または NAA 1mg/l	1核期	Niizeki et al., 1968
Brassica oleracea × B. alboglabra F_1 (キャベツ)	Nitsch	NAA 0.5~1mg/l, K 1mg/l または CM 10 %	開花前5~6日以内 の花粉粒	Kameya et al., 1970
コムギ	RM-1962	IAA 2mg/l, K 2mg/l	1核期	欧阻ら, 1972
トマト	Gresshoff	NAA 0.1mg/l, K 2mg/l	減数分裂期	Gresshoff ら, 1972
トウガラシ	RM-1962	NAA 1mg/l, K 1mg/l	1核期	王ら, 1972

CM: ココナツミルク, IAA: インドール酢酸, K: カイネチン, NAA: ナフタレン酢酸.

RM-1962: ムランゲ・スクグの培地, RM-1964: リンズマイヤー・スクグの培地.

例を表4に示し、園芸作物における薬培養研究の状況(1974年現在)を表5に示した。薬培養によって花粉起源の植物体を誘導する場合、二つの経路が知られている。その一つはチョウセンアサガオやタバコで認められるような、花粉が細胞分裂を繰り返してembryoidに発育し、これが胚に分化して幼植物となる例(図6参照)であり、他の一つはイネやコムギなどのように、花粉からカルスを形成させ、それらのカルスから器官を再分化させて幼植物をうる方法である。前者の例は今のところチョウセンアサガオとタバコ以外での利用はかなり困難と考えられるため、後者のいったんカルスを形成させる方法が、多くの作物で試みられている。しかしながら、カルス経由の半数体育成も、当初期待されたほどに容易ではなく、大半の植物ではカルスの形成には成功しても、カルスからの植物体誘導には成功できず、足踏みの状態に止まっているといつてよい(チャ、クワ、モモ・ナシなどの果

表5 園芸作物の誘培養の現況

植 物 名	得られた成果 ^a			備 考 ^b	植 物 名	得られた成果			備 考
	カルス	根分化	植物体			カルス	根分化	植物体	
カンラン (1)	○	○	○	野菜試	イチゴ (2)	○	×	×	(b)
〃 (2)	◎	×	×	東北大	サツマイモ	○	○	○	中国農試
カンラン ×					バラ	○	○	×	三重大
アルボグラブラ ^E	◎	◎	◎	東北大	キ	○	○	×	坂田種苗
ハクサイ	○	○	○	野菜試	マツバギク	○	○	×	三重大
ハクラン	○	○	○	野菜試	マツバボタン	○	○	○	三重大
ブロッコリー	○	○	○	野菜試	ヤマユリ	○	○	○	(f)
ダイコン	◎	○	×	野菜試	キカノコユリ	○	○	○	京大
ニンジン	×	×	×	野菜試	シクラメン	×	×	×	坂田種苗
トマト (1)	○	○	×	野菜試	ベチュニア	○	○	○	坂田種苗
〃 (2)	○	×	×	大阪府大	デージー	○	○	○	坂田種苗
〃 (3)	◎	○	×	(i)	ヒナゲシ	○	×	×	三重大
〃 (4)	◎	◎	◎	(n)	ゼラニウム	○	○	○	(g)
ナス	○	○	○	野菜試	ナデシコ	○	×	×	三重大
ピーマン	○	○	×	野菜試	オシロイバナ	○	○	×	宮崎大
トウガラシ (1)	○	×	×	野菜試	アジサイ	○	○	×	三重大
〃 (2)	◎	◎	◎	(h)	サザンカ	○	×	×	三重大
イヌホウズキ	◎	◎	◎	(h)	ツバキ	○	×	×	三重大
オオカミナスビ	—	—	◎ ^E	(h)	モモ	○	○	×	果樹試
チョウセンアサガオ	—	—	◎ ^E	(h)	ウメ	○	×	×	果樹試
キュウリ	○	○	△	野菜試	ナシ	○	○	×	果樹試
カボチャ	○	○	×	野菜試	リンゴ	○	×	×	弘前大
マクワウリ	○	○	×	三重大	ビワ	○	×	×	果樹試
タマネギ	○	○	×	野菜試	ク	○	×	×	果樹試
アスパラガス	○	○	○	北大	ミカン	○	×	×	佐賀大
イチゴ (1)	◎	○	○	野菜試					

- a. ◎: 半数性組織の確認されたもの ○: 誘導されたもの ×: まだ誘導されていないもの E: Embryoidの形成されたもの △: 葉状体の形成されたもの
- b. (i) W.R.Sharpら(1972), (n) P.M.Gresshoffら(1972), (h) 中国科学院王ら(1972), (h) 韓国 Harnら(1971)
 (h) M.Zenklerら(1971), (h) S.Guhaら(1966), (b) C.W.Fowlerら(1971), (f) 大船フラワーセンター,
 (g) Abo, El. Nilら(1971)

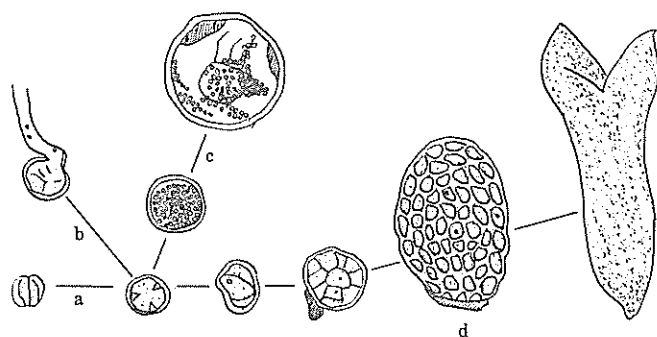


図6 培養中における花粉の形態形成

- a: 萎縮花粉 多少萎縮し中央に縦溝のある楕円体として観察されるもの。
- b: 発芽花粉
- c: 肥大花粉 内部に無数のでんぷん粒が出現するもの。
- d: 胚形成花粉 花粉は上記の変化を示さず細胞分裂をくり返して多細胞塊からなる堅い細胞集塊を形成し、やがて白色の胚に分化するもの。

樹類, トウモロコシ, エンバク, アルファルファ, シロクロバなどのマメ科牧草類, ダイコン・カボチャ・ピーマンなどの野菜類, キク・ツバキほかの花木類, スギ・マツ・サクラなど

の林木類など)。またカルスから植物体の誘導ができて、二倍体や四倍体のみが生じ、半数体の得られなかったもの(自然倍加の可能性もあるので、花粉起源でないとは断定されていないが、アスパラガス、ヤマユリ、イチゴなど)、あるいは解剖学的観察及び染色体判定などから、蒴隔あるいは蒴柔細胞起源であるとされているもの(ゼラニウム、ペチュニア、デージー、カノコユリ、サツマイモ、クワ、ナス、キャベツ、ハクサイ、ハクラン、ブロッコリー、タガランなど)、また蒴からのカルス形成も今のところ不可能なもの(ラッキョウ、ニンジン、野生イネの数種、オーチャードグラスなどイネ科牧草類の大半、数種の林木類など)などの例も報告されている。

実際に蒴培養する場合に注意すべきことは、①どのような発育段階の花粉粒を含む蒴を用いるか、②どのような成分をもつ培地を用いるか、③どの作物のどの品種を用いるか、の3点である。花粉の発育段階については、四分子期から成熟花粉まで、いろいろな発育段階のものを用いると報告されているが、減数分裂期や花粉粒にデンプンが蓄積され始めた蒴は不可で、最も反応の多い蒴は、1核期から第1分裂直後までの花粉を含むものである、という報告が多い。培地についてみると、花粉粒から直接embryoidを作る場合は、オーキシンを加えないか、加えたとしても少量であるが、カルスを形成させる場合は、比較的多量のオーキシンを用いる。こうして出来たカルスから、植物体を再生させるためには、オーキシンの含まないか、またはその濃度の低い培地に植えかえると、良い結果が得られるようである。供試作物の種類や品種については、最も蒴培養の研究の進んでいるタバコにおいても、Nitsch(1972)によると、

Nicotiana tabacum, *N. alata*, *N. rustica* 及び *N. glutinosa* 4 x の4属については半数体が得られたが、全く同じ培養条件下で *N. glauca* や *N. acuminata* など14種では成功しなかったという。またイネでも、限られた品種からしか、植物体が得られていないので、実用的に価値のある多くの系統から、自由に半数体を作出することができるのではなく、この点がこの技術の実際の場合での大きな問題点になっている。また Gresshoff ら(1972)は、トマト43品種(系統も含む)を供試して蒴培養し、3品種から半数性カルスを誘導し、その内半数体植物を得たのは1品種のみであったという。筆者らの研究室においても、多くの野菜類を用いた蒴培養において、作物や品種のちがいによって、顕著な反応の差が認められ、供試品種、あるいは系統の選定が、極めて重要であることが示されている。

以上述べたような、幾つかの問題点を含みながら、蒴培養は大きな前進を見せ、すでにこの技術が実際の育種事業の中にくみ込まれ、活用されて、幾つかの成果を上げている。例えば、中国ではイネやコムギで「収量が多く、茎が丈夫で倒伏しにくい」新品種が育成されたと報告されているし、我が国でもタバコ試験場で、ニコチンやタールの少ない系統の育種に蒴培養が利用されている。筆者らの研究室では、前述のようにまだ半数体の獲得には成功していないが、多くの研究者によって実験が積み重ねられているので、野菜類の半数体利用育種法の確立されるのも、それほど遠い未来ではないと期待している。

(5) カルス培養

すでに、2の(1)分化と形態形成の項でのべたように、植物の組織培養は、植物体の一部分を

脱分化（カルス形成）させたり、再分化（植物体誘導）させたりするところにその本質があり、その限りにおいて「カルス培養」であるとも言えるものである。ここで言うカルスとは、植物体の各種器官および組織など、分化の進んだ部分が、分化の方向性を失って（脱分化して）不定形の細胞塊となったものを指すが、図7にカルス培養の経過を模式図に示した。薬培養も、カルスを経由する方法は、カルス培養の一つと考えられるが、ここでは、体細胞起源カルスを中心に考えてみる。

植物は根・茎・葉・花・果実など、個体のどの部分からでも、カルスを誘導することが可能である。胚や生長点、形成層など分裂組織を含む方が形成率が良く、髓とか貯蔵組織のように、すでに分裂していない組織は、新たに分裂を誘起しなければならないので時間もかかり、移植片も5 mm以上の大きさが必要である。カルスを誘導し生長を続けさせるためには、無機塩類のほか、糖、ビタミンB類、オーキシシンなどを培地に加えることが必要である。これらの合成培地のみで、カルス誘導の困難なものには、CM（コナツミルク）やYE（イーストエキストラクト）など、いろいろの抽出物の添加が

有効である。

組織培養の歴史の当初から、カルス細胞が扱われて来たため、カルス細胞の形成に関しては、多くの知見が得られているが、カルス培養を育種に利用する場合に、二つの矛盾した面を常に考慮しなければならない。その一つは、カルス細胞は均一に見えるけれども、非常に変異に富んだ細胞の集団であるということであり、他の一つはそれにもかかわらず、現在までにカルスから誘導された多数の植物体は、きわめて安定していて、顕著な変異は認められていないという点である。

培養中におけるカルス細胞の染色体変異は、植物の種類や組織によっても異なるが、ほとんどの場合、そのひん度は培地の組成によって左右されており、一般にイースト抽出物やカイネチンの入っている培地を用いた場合に、染色体の倍数化する傾向が強いとされている。この原因については、現在のところ全く明らかにされていないが、この現象を利用して異数体や倍数体植物を育成することも可能であると考えられる。

山田ら（1967）は、ナスのカルス細胞を用いた実験で、培養中のカルスの染色体変異は非常

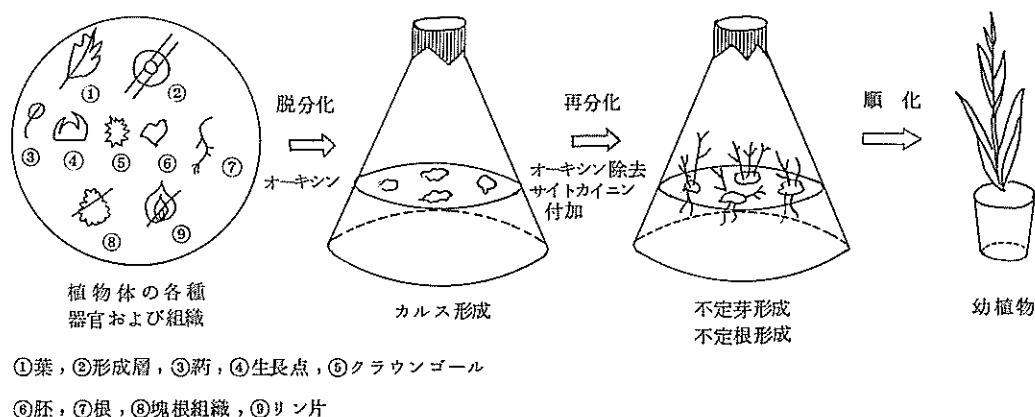


図7 カルス培養による植物体育成模式図

に大きかったが、それらカルスから誘導した植物体は、すべて通常の2倍体であったことを報じ、カルス細胞レベルでの変異性は大きくても、不定芽の分化したカルスは、2倍性の安定した細胞に集中している事実を指摘している。したがってカルス細胞における変異性と、カルスからの植物体誘導における遺伝的変異とは、次元を異にする問題とも考えられるので、今後更に多くの研究蓄積が必要であろう。

カルス培養のもう一つの利用面として、大量培養による「カルス工業」という考え方がある。これは育種というより薬学的な視点で考えられているものであるが、カルスを微生物と同じように医薬品、食品、工業製品原料を生産するための材料として、開発利用しようとするものである。この場合にも、いかにして遺伝的に均一で安定した細胞集団としてのカルスを得るかという点が、最も大きな問題点となっている。さらにまた、もし培養カルスが、培地組成や培養条件によって、遺伝的に均一で安定した系として維持しうるのであれば、遺伝質の銀行（カルスバンク）として、あらゆる遺伝形質をカルス状態で維持することも可能となり、遺伝学・育種学に画期的な貢献をすることになるはずである。

最後にカルスを経由して育成した幼植物から、ウイルスフリー株の得られることについて述べてみたい。これは筆者らの研究室で行った、イチゴの薬培養の過程で、薬のカルスから育成したイチゴが、ウイルスフリーになっていたことによって明らかになったことである。現在、筆者らはイチゴにとどまらず、ニンニク、ヤマイモ、キク

など、ウイルス汚染の激しい栄養繁殖性作物のウイルス除去にこのカルス経由の茎葉分化が有効であろうと考え、実験を進めているが、ニンニクでは発芽葉のカルスから、外観的に無病徴の植物体が得られている。

ウイルスフリー株は、従来多くの作物で生長点培養によって得られていたが、作物によってはウイルス除去がむずかしかったりするので、カルス経由によるウイルス除去の手法が確立されるならば、その有効性はきわめて大きいものがある。しかし前述のように、カルス細胞の変異性の問題が常につきまとっているため、肉眼的には判別しにくい変異の含まれる可能性などについて、注意が必要である。育種の面からみると、ウイルスフリー株が簡便に得られるのであれば、無病苗を使ってよりの確な選抜ができることにもなる。

(6) 細胞融合

動物細胞では、ある種のウイルスが、細胞融合（細胞と細胞とが合体すること）を誘起し、融合細胞の培養が可能となっているが、植物細胞では強固な細胞壁が存在するため、細胞融合は不可能と考えられていた。しかし1960年にCockingがトマトの根から、セルラーゼ処理によって初めて細胞壁のない遊離細胞（プロトプラスト）を得る方法を見いだして以来、プロト

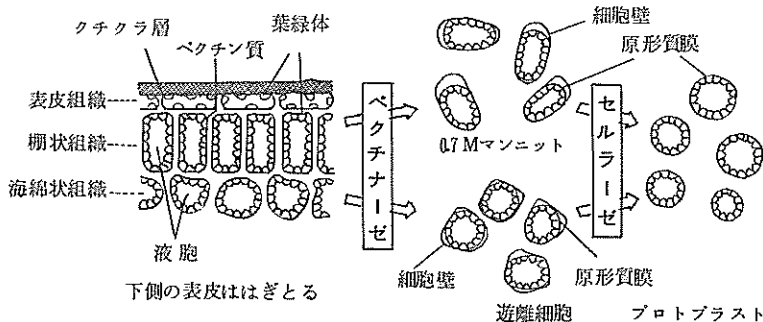


図8 葉肉組織からプロトプラストを作る方法を示す模式図（建部，1968）

プラストを用いた実験が進められる様になってきた。わが国でも建部ら(1968)は、タバコの葉肉組織からプロトプラストを作り、TMVの感染機構解明の実験系としてこれを利用した。図8にプロトプラストを作る方法を模式図で示したが、まず葉肉組織をペクチン分解酵素で崩壊させて、遊離した葉肉細胞をとり出し、次いでセルラーゼで細胞壁を分解してプロトプラストにするのである。現在ではプロトプラストの培養は、めざましい進歩をとげ、プロトプラストから細胞壁を再生させてカルスをつくり、カルスから器官形成を経て植物体を再生させるところまで進んでいる。プロトプラストの培養は、エンドウ、ダイズ、トウモロコシ、ニンジン、ハクサイなど、種々の材料で普遍化されるようになり、タバコ、ナタネ、ニンジン、ベチュニア、キンギョソウ、ユキナでは、プロトプラストからの個体復元に成功している。

植物プロトプラストの持つ最大の功績は、植物細胞における細胞融合への道を開いたことであろう。1970年にPowerらが、0.25 Mの Na_2NO_3 液中で、カラスミギとトウモロコシのプロトプラストを融合させたのが植物の細胞融合の初めであった。さらにKao(1974)はポリエチ

表7 細胞融合における植物プロトプラストの組合せ(Kaoら, 1974)

培養細胞プロトプラスト				葉肉細胞プロトプラスト			
ダ	イ	ズ	—	大	麦		
ダ	イ	ズ	—	ト	ウ	モ	ロコシ
ダ	イ	ズ	—	エ	ン	ド	ウ
ダ	イ	ズ	—	ソ	ラ	マ	メ
ダ	イ	ズ	—	ナ	タ	ネ	
ニ	ン	ジ	ン	エ	ン	ド	ウ
ソ	ラ	マ	メ	大	麦		
ソ	ラ	マ	メ	ナ	タ	ネ	

現在までのところ、生化学的変異株が得られていないため、葉肉細胞プロトプラスト(葉緑体がある)と培養細胞プロトプラスト(葉緑体がない)との組合せにより、融合細胞の選択を行っている。上記の組合せでは細胞壁の再生、細胞分裂がみられる。

レングリコール(PEG)で処理することにより、植物プロトプラストの種類に関係なく、細胞融合を高頻度で誘起させることができると報告している(表7)。

細胞融合が可能になれば、次に来るのは融合した細胞から体細胞雑種植物を作ることである。Carlsonら(1972)はタバコのNicotiana glauca($2n=24$)とN. langsdorffii($2n=18$)を用い、両者のプロトプラストを0.25 Mの Na_2NO_3 で30分処理した後、生長ホルモンの含まれていない寒天培地で培養し、33個のカルスを得た。この場合、雑種細胞だけがカルスになり、単細胞や同種の融合細胞からは、カルスが出来なかったという。さらにこのカルスから器官分化を誘導した結果、染色体42の雑種植物が得られたと報告している。結果的に、この雑種植物は、通常の交配でも容易に得られる組合せの雑種であったが、この研究によって、細胞融合による雑種植物育成が、現実のものとして考えられるようになったのである。

しかし、細胞融合の研究もまだ日が浅く、未だに多くの技術的な問題が残っている。例えば①植物および器官の種類を問わず、プロトプラストが誘導できるか、②同種細胞の融合と異種細胞の融合との識別、③プロトプラストが融合しても、核の融合は行われるのか、④融合した細胞からの植物体の再生が常に可能か、⑤再生した植物体の変異性即ち培養細胞の変異性はどうか、などといった点が考えられる。しかし、植物プロトプラストが、これからの遺伝学、育種学の進歩に貢献するであろうことは確実であり、筆者らのように園芸作物の品種改良にたずさわる者にとっては、全く新しい雑種植物の育成方法として、大きな期待を抱かせるものである。

4. 植物組織培養の実際

植物の組織培養には、まず適当な培地（培養基ともいう）を捜し出すことが最も大切である。それは植物の種類や組織、ステージ（令）によって、要求される養分が異なっているからであり、さらに培養の目的に応じて、最適の添加物や基礎培地（基本となる無機養分だけを含む培地で、その割合が研究者によっていろいろと考察されている。）が異なるからである。次に培養しようとする部位の無菌的採取と無菌的植えつけを行うことである。それが済めば、あとは適当な環境下（温度・湿度・光度でのコントロールされていることが望ましい）で培養し、養分の欠乏を起こさぬよう、適当な時期に適当な培地に植え継ぐことにより、目的とする植物体（あるいはクローンやカルスなど）を得ることができることになる。

(1) 培地の組成と作り方

高等植物は独立栄養を営んでいるので、個体レベルの培養は、無機養分だけで十分であるが、器官→組織→細胞とレベルが低くなるにしたがって、いろいろの養分を必要とするようになる。また、生長点や胚をそのまま正常に発育させ、植物体を得るためには、無機養分だけでよいが、生長点や胚でも、カルスを作らせようとしたり、形成層や葯など、そのままでは植物体に発育しえないものを、いったん（カルス化）脱分化させて、その後不定芽を発生させて植物体を得ようとするような場合には、必ず無機養分以外の植物生長物質の添加を必要とする。

(f) 溶媒としての水：培地を溶かす溶媒としての水は、水道水でもよいが、場所によって水質が異なるので、一度蒸溜しさらにイオン交換したものを用いることが望ましい。普通の蒸溜水中には、微量な金属イオン、特に銅イオンが

含まれている恐れがあり、これが培養組織に有害な働きをするということで、イオン交換と蒸溜を組み合わせた、再蒸溜水を用いているが、そのような設備がないところでは、井戸水や水道水をそのまま使っても、微細な培養物や特殊な培養物を扱うのでない限り、出来ないことはない。

(g) 基礎培地：筆者らの研究室で使用している主な基礎培地（無機養分培地）の組成一覧を表8に示した。目下のところ筆者ら研究室では、イチゴやトマト・キュウリなど各種野菜の葯（やく）培養、生長点培養、ニンジン・ヤマイモ・サトイモなどの表皮・塊根・形成層・茎・葉の培養、ニンニク・ラッキョウなどのりん茎の培養などを行っているが、基礎培地としては Linsmaier & Skoog の培地（別称 RM-1964 の培地）が、最も広くかつ有効に利用されるようになっている。培養液の本体をなす無機物質は、鉄分を除き、10～20 倍液程度の原液を作って貯蔵しておく。各液とも、 $-\text{SO}_4$ 基の含む化合物と他の物質とは、別々に蒸溜水に溶かし、完全に溶けてからまぜる。これはグループ分けしないと反応を起こし、カルシウムと結合して水に不溶の化合物の生ずる可能性があるからである。Nitsch-K や Murashige & Skoog 及び Linsmaier & Skoog の鉄分については、 $\text{Fe SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$ と $\text{Na}_2 - \text{EDTA}$ とを別々に溶かしてからまぜ、200 倍液程度の貯蔵液を作る。このようにして作った無機養分と鉄分の貯蔵液は、それぞれ着色ビンに入れて冷暗所（ $5 \sim 6^\circ \text{C}$ の冷蔵庫でよい）に置いておけば、1 年間は十分有効に使用することが可能である。有機物質は、短期間であれば、冷暗所に保存できないわけではないが、培地作成の都度溶かす方が望ましいし、それほど手間のかかるものでもない。水に易溶

表 8 主要培地組成一覧表

(単位: mg/l)

培地名	WHITE (1943)	NITSCH -K (1967)	HOLLEY & BAKER	MURASHIGE & SKOOG (RM-1962)	LINSMAIER & SKOOG (RM-1964)	MILLER (1963)	KNUDSON -C	NAKATA (1971)	(Hyponex) KANŌ
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	288	500	500			347	1000	600	これらのかわりに 0.3 ~ 3 g/l の Hyponex を用いる。
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	453								
KNO_3	80	125	125	1900	1900	1000		200	
KCl	65					65			
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	186								
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	736	125	125	370	370	35	25	100	
$\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	22	10	(*) 0.05	86	86	15	(*) (0.5)		
H_3BO_3	15	10	(*) 0.025	6.2	6.2	16	(*) (0.5)		
KI	0.75		(*) 0.25	0.83	0.83	0.8			
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		25	10	223	223	44	(10.5)(*) 75	10	
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		0.25		0.25	0.25		(*) (0.025)		
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0.025	(*) 0.025	0.025	0.025		(*) (0.00025)		
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		0.025	(*) 0.025	0.025	0.025		(*) (0.025)		
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$			(*) 0.025						
KH_2PO_4		125	125	170	170	300	250	100	
$\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$			(*) 0.05						
NH_4NO_3				1650	1650	1000			
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$				440	440				
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$							500		
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	25		25				25		
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		(*) 278		(*) 278	(*) 278			(*) 2785	
$\text{Na}_2\text{-EDTA}$		(*) 373		(*) 373	(*) 373			(*) 3735	
Na-Fe-EDTA						32			
glycine	3	2		2		2			(*)
nicotinic acid	0.5	5		0.5		0.5			(*)
pyridoxine-HCl	0.1	0.5		0.5		0.1			(*)
thiamine-HCl	0.1	0.5	1	0.1	0.4	0.1			(*)
folic acid		0.5							(*)
biotin		0.05							(*)
sucrose	20000	(*)		30000	30000	30000	(*)	30000	(*)
myo-inositol		100		100	100			100	(*)
agar	(*)	(Agarose*) 10000		10000	10000	10000	(*)	6000	(*)
auxins	(*)	(*)	NAA 1 etc.	IAA 1~30 etc.	IAA 1~30 etc.	(*)	(*)	IAA 15	(*)
cyto-kinins	(*)	(*)	adenine 8 etc.	kinetin 0.04~10 etc.	kinelin 0.001~10 etc.	(*)	(*)	kinetin 15 adenine H_2SO_4 10	(*)
... etc. ...	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	thymidine 5	(*)

* 1 BERTHELOT 微量要素液に含まれる。 * 2 NITSCH 微量要素液を加用する場合。

* 3 745 g の $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ と 557 g の $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を 1 l の水に溶かしたものを 5 cc/l 加用。

* 4 目的により、必要に応じて用いる。

* 5 Neutral component of agar, isolated by ARAKI (1956)。

なものと難溶なものがあるので、その点に注意しないと、添加した物質が有効に働いていないということにもなりかねない。例えば、有機物質のうち、糖や寒天、アミノ酸やビタミン類 Inositol、植物ホルモン中の IAA, NAA, IBA などは水に溶けるが、2,4-D は水には溶けないので、熱湯かアルコールに溶かす。またカイネチンやベンジルアデニン（ベンジルアミノプリンと同じもの）などは、強酸か強アルカリにしか溶けないが、通常の基礎培地は処方通りに作ると酸性に傾きやすいので、これらの化合物は強アルカリ（通常 IN の NaOH）を数滴落して、完全に溶けてから蒸留水を加えて用いる。滴下する IN NaOH の量が多すぎると培地全体に悪い影響を及ぼすので、注意しなければならない。

(イ) 寒天と糖：筆者らの研究室では、振盪培養（液体培養）の培地以外は、寒天 7 g/l 、ショ糖 30 g/l の固形培地を用いている。寒天には粉末寒天が使いやすいが、棒寒天を使う場合は、水につけて良く洗い付着しているゴミを落してから用いる。ショ糖の代りにグルコースなども用いられるが、市販の砂糖でも十分有効である。前述の基礎培地（各種無機養分）や薬品類が手に入らない場合は、寒天と砂糖と鉄分だけを用いて、培養培地を作ることにも可能である。

(ロ) pH の調整：以上のようにして、各種添加物を溶かし終ったならば、良く攪拌して、オートクレーブにかける前に、 $\frac{1}{10}\text{N HCl}$ と $\frac{1}{10}\text{N NaOH}$ を用いて、pH を 5.8～6.0 に調整する。普通 White や Nitsch-K, Linsmaier & Skoog などの無機養分の培地は、pH 4.5 程度であり、そのままでは培養組織に不适当であり、そもそも寒天が固まらない。また培地に CM や YE を加えると（培地の緩衝作用や添加量にもよるが）、通常 pH が 0.2～0.5 程度上がり、寒天を加える

と 0.1～0.2 程度下がる。またオートクレーブをかけることによっても、0.1～0.2 程度下がるようである。

(ハ) 分注とキャップ：pH 調整の終わった培養液は、試験管やフラスコに分注するが、この場合培地の溶液を管の口や外側につけると、培養中にその部分から雑菌が入りやすいので、十分注意が必要である。分注した試験管には、アルミホイル（2 枚を二つ折りにして縦・横 6 cm 程度のものをつくり、かぶせる）を使ってキャップにする。従来広く使われた綿栓は、作るのが面倒なのと、培地が早く乾燥しやすいので、筆者らの研究室では、もっぱらアルミホイルを使っている。恒温培養室内で培養すれば、ほとんど雑菌も入らず、安価で使い捨てできるうえ、何よりも綿栓に比べて乾燥しにくく、長期間の培養が可能であり、かつ試験管番号や培地番号を書くこともできるので、きわめて便利である。

(ニ) 培地の殺菌：以上のようにして作成した培地の殺菌には、オートクレーブ（高圧殺菌器）を用いる。圧は 1.0 kg/cm^2 で冬期 10 分間、夏期 15 分間程度殺菌している。高圧で長時間行くと、分解したり、変性したり、また寒天が固まらなくなったりするので、なるべく短時間ですませるようにする。IAA や CM（ココナツミルク）などの、熱に弱いと言われている添加物は、従来アルコール溶液として滅菌してから加えるか、ザイツのフィルターが用いられていたが、最近はミリポアフィルターが広く利用されている。しかしオートクレーブは、筆者らの研究室で常用している範囲（ 1 kg/cm^2 圧、10～15 分間程度）では、IAA も CM も処理後の変性はないようである。またチアミンは、熱によって加水分解されやすいが、普通は分解物のチアゾールとピリミジンも、同様に有効なので心

配は要らないとのことである。

(b) 斜面培地の作成：オートクレープ処理の完了した培地は、固まる前に斜めにして放置し斜面培地を作る。斜面培地は培養材料（器官、組織など）の置床、カルスの移植、培養中の生育観察、写真撮影等、あらゆる点で平面培地に比べて便利である。

(2) 材料の分離と殺菌方法

以上のようにして無菌培地を作った後は、培養材料をいかに無菌的に採取・分離するかである。培養の目的や部位によって、殺菌方法・採取方法は異なるが、無菌的に培地に植えつけることが必須の条件である。

(i) 培養材料の殺菌方法：植物体の表面は、通常必ずカビや細菌で汚染されている。しかし、植物体の内部は、通常無菌状態であるから、生長点や葯、形成層などの内部組織を培養の材料にする場合の殺菌および無菌状態の保持は容易である。しかし葉や茎や根、表皮細胞など、直接外部に露出している部分を培養する場合の殺菌は、簡単ではない。この場合、種子繁殖性の植物で、発芽した幼植物を培養の材料にしようものでは、殺菌した種子を試験管やフラスコ内にまいて、無菌植物を育て、この植物から葉や茎や根、表皮細胞などを切り取ればよい。しかし、成熟した植物体からの組織や器官を培養しなければならないことも多く、また種子繁殖しない植物からの材料を、無菌的に育てねばならないこともあるので、この場合は殺菌に苦慮することが多い。

・殺菌剤は殺菌効果があつて、植物細胞への影響が少ないものほど良いわけであるが、殺菌力の高いものは、通常材料そのものへの害作用も高いのが普通であるから、それぞれの作物や培養部位別に、その最適殺菌方法（殺菌剤の種類、

濃度、浸漬時間など）の試験が必要となつてくる。植物組織の殺菌には、現在サラン粉上澄液（サラン粉 1～10% 溶液の上澄液）、次亜塩素酸ソーダ液（0.5～10%）、アンチホルミン 10～200 倍液（成分は次亜塩素酸ソーダ）、ウスブルン液（800～1,500 倍液）、塩化第 2 水銀（しょうこう水）0.01～0.5% 液などが広く用いられている。これらの内サラン粉上澄液とアンチホルミン（次亜塩素酸ソーダ液）とは、毒性が残らないので使いやすいが、細菌類への殺菌力が劣ることと、時間が経つと有効塩素量が低くなってしまう欠点がある。サラン粉上澄液の場合、筆者らの研究室では、9% 溶液（ウイルソン液という）の上澄液を用いているが、作成後約 1～2 カ月で液の黄色が消えて白色化する。そうなった液は、殺菌効果が劣るので、新しく作り直さなければならない。ウスブルン液やしょう

表 9 0.1% 昇汞水（ HgCl_2 ）による植物材料の殺菌例（Butenko, 1964）

植 物 材 料	時 間	結 果
葉	ウキタサ	0.5 分 充 分
頂 芽	シソ	3 良
	ハウチワマメ	4 良
	ダイズ	15 良
	タバコ	12 充 分
	トマト	1.5 良
	ジャガイモ	3 充 分
	アサガオ	1.5 良
	コムギ	2 充 分
茎	タバコ	8 充 分
	ヒマワリ	6 充 分
	ハスノハカズラ	8 充 分
肉質根	ニンジン	15 充 分
	キクイモ	15 充 分
	ハスノハカズラ	15 良
種 子	コムギ	10～20 良
	エンドウ	8 充 分
	ダイコン	8 良

(ii) 殺菌後 4～5 分間注意深く水洗する必要がある。

こう水には残留毒性（水銀）があり、とくに目に入ると失明の恐れもあり、身体につけないことはもちろん、培養材料も殺菌液浸漬後、滅菌水で数回にわたって洗浄する必要がある。表9に0.1%しょうこう水による各種植物の殺菌例を示した。

以上述べた殺菌液を用い、材料を浸漬する前に注意すべきことがある。それは植物体の各種器官の表面は、多くの場合疎水の性質をもっているのを、それを除去してやることである。筆者らの研究室では、殺菌部位を70~99%エチルアルコールに1~2秒接触させた後、殺菌液に浸漬するようにしている。

(ロ) 培養材料の採取方法：さまざまな目的で

さまざまな器官や組織を培養するので、その採取方法も幾つかに分けることができる。今までに培養された植物の器官・部位は、ほとんど植物体のあらゆる部分に及んでいるが、どの部分からでも同じようにカルスが得られるというわけではない。細胞分裂の盛んな茎や根の頂端分裂組織、形成層などが最も培養しやすいが、一般に植物細胞は分化の進んだ器官や、すでに分裂生長を示さなくなっている組織であっても、切り出されて適当な培地上に植えられると、細胞分裂を再開することが認められる。表10に培養器官別の採取方法と殺菌方法について、筆者らの研究室で行っている手順を示したが、このように、どの部位を培養するかによって、その

表 10 採取部位と殺菌方法（野菜試）

採 取 部 位	採 取 方 法	難 易	殺 菌 方 法	難 易
① 生長点及び茎項組織	解剖顕微鏡下で無菌的に取り出す。大半の野菜類で生長点の大きさは0.2 mm程度であり訓練を要する。	難	生長点を含む芽先の部分を切り取り、ウイルソン液（サラン粉9%上澄液）に15分浸漬する。	易
② 葯及び花器	つぼみの中から肉眼あるいは拡大鏡下で取り出す。 葯の大きさは約 1~10 mm 花弁 同 1~10 mm 子房 同 1~10 mm がく 同 1~10 mm 野菜の種類、ステージで異なる。	易	密閉しているつぼみをウイルソン液に15分浸漬する。 成熟花粉やステージの進んだ花弁などで必要な時は、密閉状態時に殺菌し、後無菌シャーレ内でステージを進ませてから採取する。	易
③ 塊根及び表皮組織	メスで必要な部位を必要な大きさ・形に切り取って採取する。	易	0.1% HgCl ₂ 液に30分以上浸漬して用いる（3回水洗）。外気に触れている部分であり、ていねいに洗浄しても完全に殺菌することはむずかしい。	難
④ 葉・茎・根組織	メスやパンチ、コルクボーラなどで切断して採取する。	易	クレゾール石けん液で洗浄後、軽くアルコールでふき、0.01% HgCl ₂ 5分または0.1% HgCl ₂ に1分浸漬後採取する。殺菌はむずかしい。	難
⑤ 形成層及び内部組織	コルクボーラで打ち抜き、それらを1~2 mm 間隔で輪切りにして採取する。	易	根や茎の表面はいくら殺菌してもかわかない。0.1% HgCl ₂ 30分又はウイルソン液30分以上浸漬。	易
⑥ りん片及び貯蔵葉細胞	メスで必要な部位を必要な大きさ、形に切り取って採取する。	易	球全体、あるいはりん片球をウイルソン液に15分浸漬する。	易

方法は異なっているのである。

(3) 培養条件

このようにして採取された培養部位の、その後の生長・発育は、採取部位の大きさにもよるが、ほぼ親植物と同様に、温度・湿度・光・pHなどの環境要因によって支配される。植物組織培養の技術が多くの学問の分野で利用されるようになった最も大きな原因は、試験管などを用いて培養するのであるから、小面積・小規模な施設（培養室）で多量の培養材料を扱うことがで

き、しかもその培養室内の環境要因の制御が比較的容易であると、いう点にあったのではないかと考えられる。表11に筆者らの研究室で設定している培養条件と注意点などをまとめて示した。

(4) 成体順化

筆者らの研究室のように、組織培養技術を育種的手段に利用しようとしているところでは、目的どおりに試験管の中でカルスや植物体を誘導できていたとしても、それだけでは不十分で

表11 培養条件（野菜試）

項 目	組織培養に用いられる範囲	野菜試の設定条件	備 考
① 温 度	15～30℃	20℃、25℃	大半の植物組織は20～25℃が最適であり、この範囲内であればすべて培養可能である。
② 湿 度	70～100%	照明時 50～60% 暗黒時 100%	液体培地であっても寒天培地であっても、通常キャップをしている試験管内部は、90%以上であり、特に操作を要しない。培養室内の湿度は照明時には50～60%になり、暗黒時には100%（過湿）になっている。
③ 光	500～6000 ルクス	3000 ルクス	出来れば植物育成用ランプ（赤色光が強くなっていると思われる）を用いるとよいが、普通のけい光灯でもこの照度があれば十分である。しかし、照度が強くなると、それだけ室内の温度が上がるので、蛍光灯と培養室の間に水槽を置いて、温度の上昇を防ぐ必要がある。効果の上がる最少の照度でよいのであって、不必要に照度を上げないことが望ましい。
④ 日 長	0～16時間	12時間	カルスの培養・増殖などだけで植物体の誘導を目的としない場合は、暗黒条件下の培養が多く用いられる。筆者らの研究室では植物体の誘導が主体であるので、12時間照明・12時間暗黒の条件下で培養することが多い。
⑤ pH	5.0～7.0	5.8～6.0	植物の種類で最適pHに差があるが、大半の植物で5.6～6.0であれば、培養可能である。 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ や FeCl_3 の形でFeを加えると、pH 5.5以上になると鉄が不溶性の水酸化物として沈殿してしまう。鉄をキレート剤として与えると、pH 7.2になっても鉄の不足現象は起こらない。
⑥ 組織片の大きさ	培養部位で異なる	同左	組織片の小さい方が、各種要因の影響をきびしく受けることになる。小さすぎると退化・枯死してしまうことが多い。一定以上の組織片の培養では生長調節物質は不要であるが、一定以下の組織片の培養には、その添加が必要となる。

ある。すなわち、それら試験管中の幼植物を外界に植え出し、順化させて、無事成体にまで育成させなければならないからであり、成体にして始めて育種材料として用いることができるからである。ところが生理学、発生学、薬学や形態形成など、他分野での組織培養は、試験管内での脱分化・再分化で完了とされることが多く、組織培養の手引き書にも試験管内の幼植物を、外界に順化させる方法については、ほとんど触れられていない。しかし、貴重な培養物を、試験管から外界に出した段階で枯らしてしまうことは、筆者らの研究室の場合には、致命的である。試験管内の幼植物の根は、寒天中の水分や養分を吸収する力はあるが、そのままでは土壌中の水分や養分を吸収する力はないのが普通である。したがって、試験管内の植物をストレートに一般土壌に植え出すと、ほとんどすべての株を枯死させてしまうことになる。

数多くの失敗を経て、現在筆者らの研究室では、試験管中で十分に発根し、茎葉伸長の認められる幼植物を、径2~4mmのれき(礫)を入れた径6cmのはちに植え出し、ハイポネックス2000倍液が3時間ごとに約30分間循環する水耕装置に置いて栽培している。この場合、試

験管から植え出した直後の数日間は、ヨシズなどを掛けて、直射日光にさらさないようにすることはもちろん、急激な湿度の変化を避けるために、ミニビーカーを各はちごとにかぶせるなどの配慮を払っている。

水耕装置などのないところでは、以下に述べる、さらに簡便な方法を用いるとよい。すなわち、イチゴの出荷などに用いられる、ポリ容器(イチゴパック)の下面に、多数の小穴をあけ、殺菌済みのパーミキュライトを入れ、そこに試験管中の幼植物を植え出す。植え出し後約一週間程度は、急激な湿度変化を防ぐために、上部に別のイチゴパックをかぶせる。かん水は上からせず、下部に水をためて、小穴から吸い込ませるようにする。パーミキュライトは保水性が高いので、過湿にならないように注意しなければならない。この場合の養分は2~3週間に一度、ハイポネックス2000倍液を吸い込ませて行方。図9にその模式図を示した。

おわりに

筆者の一人沢はかつて、ある雑誌に「組織培養で育成した作物で、ほ場をうめつくしてみ

たい」と書いたことがあるが、7年経った現在、筆者らの扱っているほ場では、カルスを経由して育成したイチゴの苗が、試験ほ場をうめつくしている。その意味で、組織培養の利用は進歩し、育種の利用も現実のものとな

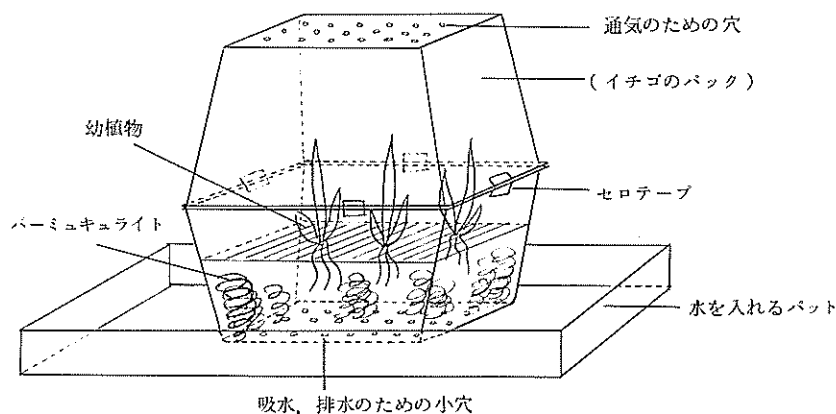


図9 簡易成体順化法

った。

本文でも述べたように、最近の組織培養の技術は、育種的利用を含むさまざまな場面で極めて著しい進歩を遂げており、野菜育種を例にとると、基礎と応用の接点を受け持つ筆者らの任務は極めて大きなものがあると考えている。この方法によって、新しい優れた作物（品種）を作り出すことの可能性が急速にひろがりつつある。たとえば、試験管内での受精現象の研究が進めば、不和合性や不親和性の除去だけでなく、全く新しい交配が可能になることも考えられるし、またカルス細胞を遺伝子バンク（銀行）として利用することも可能となるであろう。さらには他殖性野菜の半致体を作り、倍化して純系を作ることも、細胞融合によって今まで存在しえなかった作物を作ることも、可能性としては

考えられる様になったのである。

科学的な技法の進歩は、その基礎となる諸分野の発展とそれらの積み重ねとがあって、段階的に行われるというのが、通説であるが、時によっては、ある分野での発見あるいは技法の発展が、一つのトリガーとなって、それまでの停滞を一挙に破り、全体の進歩を予期しなかった方向や段階にまで押し進め、ある場合にはそれが、従来の科学（生物学）の風潮を変え、基本となる思考形態をすら変革する場合のあることも、過去においてしばしば知られている。

組織培養の技術と、その進歩の内容とは、まさにそのような様相を示しつつあるといっても、過言ではなく、単に育種への利用などに限らず、生物学全般への寄与が期待されている。

水田多年生雑草の種生態と防除

農林省農事試験場作物部 草薙得一

はじめに

最近の水田多年生雑草の増加は近年における水田の利用形態や栽培法、除草手段など農業技術の著しい変化に基因する面が大きいといわれている。たしかに雑草群落の組成変化や年次変動は、開田や基盤整備のような立地条件の変化を除けば、栽培管理や耕種操作などの変化が大きな要因として浮かび上がってくる。例えば耕起回数の減少、ロータリ耕の普及、機械除草の減退、特定除草剤の連年使用、浅水管理、早植えなどは多年生雑草の繁殖を助長しやすい要

因となりうるからである。

また多年生雑草の発生が広域化の傾向を示していることは、多年生雑草の分布の常在度からみて、最近全国的に休耕田が増加したこと、畦畔や水路の管理が粗雑になったことなどが一因とみられる。さらに伝播についてみると、ホタルイ、ヘラオモダカのように種子で繁殖する草種やウリカワのように塊茎が小さくて形成位置が浅い草種がふえていることは種苗や農機具にくっついて持ちこまれたり、休耕田から鳥類が持ち運ぶことなどが考えられる。伝播を助ける要因が灌漑水や風以外に人為的要因を強めてお

り、多様になっていることも最近における特徴的な変化の一つとして注目される。このように多年生雑草の蔓延を助長する要因が極めて複雑であるだけに、防除の面からは特定の要因だけをとりあげて対応策を立てても十分な成果をあげることが難しい。基本的には生態を明らかにし、総合的な防除対策が必要である。

多年生雑草は栄養器官だけでなく、種子と栄養器官の両方で繁殖する種類も多い。栄養繁殖器官の形態は変化に富み、土中の垂直分布は大きく、しかも再生や増殖が旺盛であるなど繁殖機構に生態上の一つの特徴がみられる。従って繁殖機構における生態上の弱点を明らかにすることは防除に結びつく有力な手がかりを得ることになる。そこで、ここでは水田多年生雑草の繁殖機構に関連する既往の研究成果を中心に生態研究の現状を概観することにしたい。また、あわせて多年生雑草防除法の要点にふれてみたい。

I. 水田多年生雑草の分布と生態

1. 種類と分布の現況

耕地雑草の種類は笠原の1942～59年の調査によると、水田雑草43科191種、水田裏作雑草を含む畑雑草53科302種、そのうち水田と畑地に共通して発生する雑草は18科76種で、総数78科417種といわれている。その後帰化雑草がふえ、1971年現在の推定では約450種としていられる(笠原1971)。そして水田雑草の3分の1が多年生雑草である。主要雑草を第1表に示したが、防除上問題になる

雑草は20種程度である。このうちヘラオモダカ、ヒルムシロ、ホタルイ、オモダカなどは寒地、寒冷地に多く、ウリカワ、ミズガヤツリ、クログワイ、キシウスズメノヒエなどは暖地、温暖地に多い。とくに最近ウリカワとホタルイの発生が広域化し、発生面積が著しく増加して

第1表 畦畔・水田の主要多年生雑草

科 名	雑 草 名	1) 草 丈	水湿 2) 適応性	平均 3) 数 度
〔イネ科雑草〕				
イ ネ 科	キシウスズメノヒエ	中	湿 生	—
"	チ ゴ ザ サ	小	"	3.5
"	サヤヌカグサ	大	"	2.2
"	ヨ シ	極 大	"	
〔カヤツリグサ科雑草・細葉雑草〕				
カヤツリグサ科	マ ツ バ イ	極 小	水 生	4.4
"	ク ロ グ ワ イ	大	"	2.1
"	ミズガヤツリ	"	湿 生	2.6
"	ホタルイ(イヌホタルイ)	中	水 生	3.1
"	タイワンヤマイ	"	"	
"	ヒメホタルイ	小	"	
"	ウ キ ヤ ガ ラ	極 大	"	2.1
"	コウキヤガラ	"	"	+
イ グ サ 科	コウガイゼキショウ	小	湿 生	2.9
〔広葉雑草〕				
オモダカ科	オ モ ダ カ	中	水 生	2.7
"	ヘラオモダカ	"	"	2.6
"	サジオモダカ	大	"	1.7
"	ウ リ カ ワ	極 小	"	2.5
キ キ ヨ ウ 科	アゼムシロ	小	湿 生	4.1
セ リ 科	セ リ	中	"	4.3
デンジソウ科	デ ン ジ ソ ウ	小	水 生	2.6
ヒルムシロ科	ヒ ル ム シ ロ	"	"	3.7
〔浮遊生雑草〕				
ウキクサ科	ウ キ ク サ	極 小	水 生	4.3
"	アオウキクサ	"	"	3.7
サンショウモ科	オオアカウキクサ	"	"	2.0
〔藻 類〕				
ホンミドロ科	ア オ ミ ド ロ	極 小	水 生	+
シャジクモ科	シャ ジ ク モ	"	"	
〔苔 類〕				
	イチョウウキゴケ	極 小	水 生	

注1) 極大80cm以上, 大60～80, 中40～60, 小20～40, 極小20以下。

2) 水生: 湛水状態で発生が多い。湿生: 飽水状態(土壌含水量の80～90%)で発生が多い。

3) 発生度の平均値(笠原1951)

いる点が注目される。ウリカワは繁殖源である塊茎の形成力が旺盛であること、ホタルイは種子繁殖が主体であることなどから両草種は今後さらに水稻の稚苗機械移植栽培の普及につれて問題になる雑草である。またクログワイ、オモダカ、サンカクイなど栄養繁殖器官の形成位置の深い草種が徐々にふえる傾向を示しており、直播栽培ではミズガヤツリ、セリ、アゼムシロ、キシウスズメノヒエなどが増加している。なお常在度は低い、干拓地や海岸沿いの低湿砂質水田など特定の立地に発生する雑草として、コウキヤガラ、ウキヤガラ、ヒメホタルイなどが問題になっている。さらに畦畔や水路で問題になっている雑草としてチゴザサ、キシウスズメノヒエ、サヤスカグサ、ヨシ、キクモ、クロモ、ホテイアオイなどがある。

最近、マツバイ（下坪ら 1974）、キシウスズメノヒエ（池田 1974）、ミズガヤツリ（中川 1972）、ホタルイ（岩崎ら 1975、須藤 1975）、ウリカワ（宮原ら 1974）などでは同一種のなかで形態的、生態的特性の異なる生態型の存在が報告されている。いずれも種内で分化した形質が遺伝的に固定したものであって、栽培学的な概念では品種または系統とみなされるものである。キシウスズメノヒエでは、出穂始期、稈長、葉身長、葉幅などに生態型についての変異がみられており、ミズガヤツリでは出穂期、塊茎形成期、草丈、葉幅などによりかなり大きな変異がみられている。またホタルイにも種内変異がみられるようであるが、なかでもイヌホタルイは分類学者によっては亜種として区別している。イヌホタルイは類似雑草のタイワンヤマイとともに最近水田内への侵入が目立っている（須藤 1975）。古くから野草として知られ、現在栽培が行われているセリは野生セリの選抜によるも

のであるが、両者の間には形質上非連続的な差異はなく、栽培セリのいずれの形質上の特性も野生セリの変異の幅に含まれるものであるといわれている（今津ら 1965）。セリは古くから知られている野草であるが、ミズガヤツリのように多くの生態型が明瞭に認められる草種とは極めて対照的な存在である。生態型の変異は形態的には作物被害や除草剤の付着量に差異をもたらす要因となり、生態的には越冬芽の形成時期や塊茎形成時期の早晚などは、生育後期の防除や秋季防除に差を生ずる一因ともなるものであって、今後さらに解明を要する大きな課題である。

2. 2,3の種生態的特性

(1) 繁殖器官の形成と死滅

多年生雑草は栄養器官で繁殖するものが多いが、水田では種子繁殖が主体となる草種がみられる。ヘラオモダカ、サジオモダカ、ホタルイなどである。ヒルムシロやオモダカも種子発生を見かけるが、その他の草種では水田における種子発生はほとんど認められない。多年生雑草

第2表 水田雑草の1株種子数と種子千粒重

雑 草 名	1株種子数	千粒重(mg)
ミズガヤツリ	800	270
クログワイ	10	1929
サンカクイ	350	1287
ホタルイ	3790	1882
ウリカワ	40	381
オモダカ	4040	464
ヘラオモダカ	2510	466
ヒルムシロ	50	3253
タイスビエ	2730	3910
アゼガヤ	42480	75
ダムガヤツリ	5100	23

注) 一年生雑草は笠原(1962)作物大系による。多年生雑草は草薙ら(1975)日本雑草防除研究会第14回講演要旨による。

の1株当たりの種子生産量は一年生雑草に比べて少ないものが多いが、ヘラオモダカ、ホタルイ、オモダカ、ミズガヤツリなどは多産性である(第2表)。千粒重はタイヌビエに及ばないが、一年生広葉雑草やカヤツリグサ科雑草に比べると重いものが多い。

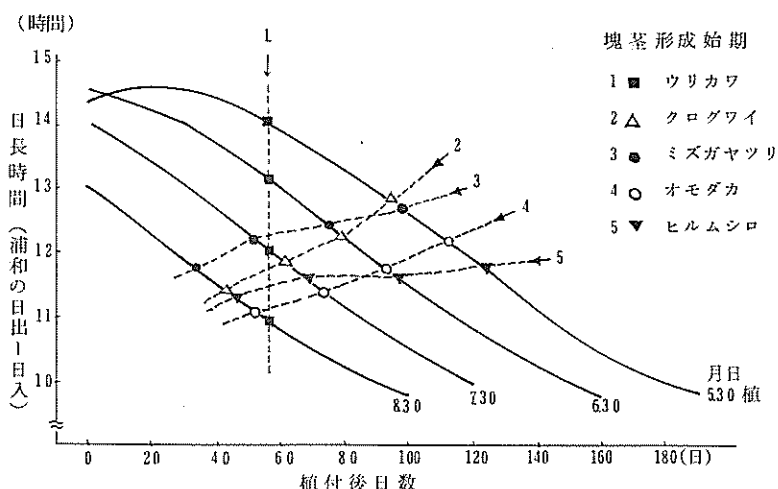
多年生雑草の栄養繁殖器官は普通、匍匐茎、根茎、球茎、塊茎、鱗茎、珠芽、塊根の7種に分けられる。地中にある茎を総称して地下茎と呼び、地下茎は形態によって根茎、塊茎、球茎、鱗茎などに分けられる。植物学的にはいずれも茎の変形したものとみられる。また地下茎は狭義には走出枝や匍匐枝とも呼ばれる根茎をさす場

合が多い。例えば根茎植物にみられる親株と分株、分株相互間を連絡する走出枝、株基部から伸びて先端に塊茎や鱗茎をつける匍匐枝などがそれである。走出枝、匍匐枝は根茎の形態を示し、連絡体としての機能を果たしているが、繁殖器官とはなりえず、冬期に枯死する。つぎに主な多年生雑草について増殖のタイプ別に繁殖器官を類型化すると第3表のようである。親株型は地下器官型(沼田ら1969)では単立植物に属し、概して種子生産量が多く、種子繁殖が容易な点に特徴がある。また発生深度が浅い。分株型は根茎植物が主体で、地下茎の節から地上茎を単生または叢生して増殖する。個体増殖が著しい

第3表 水田の主要多年生雑草の増殖形態と繁殖器官

増殖型	繁殖器官	性 状	雑 草 名
I. 親 株 型 (単立植物)	塊茎・種子	地際から根出葉が叢生する。秋期に株基部から地下茎が伸びて先端に塊茎をつける。	オモダカ
	種子・株基部 (根茎)	地際から根出葉が叢生する。秋期に極く短い根茎が肥大する。若干の不定芽をつけることがある。	ヘラオモダカ サジオモダカ
		線形葉が4~6枚出たあと、花茎を抽出する。花茎は分けつしてふえる。秋期に極く短い根茎が球状に肥大して蜂巣状に連絡体をつくる。	ホタルイ
II. 分 株 型 (根茎植物)	塊茎・種子・ 株基部	株基部から地下茎を伸ばし、分株をつくって増殖する。地上部は叢生または単生(ミズガヤツリ)で、秋期に地下茎の先端に塊茎をつける。	ウリカワ ミズガヤツリ クログワイ
		塊茎から地上茎(単生)と地下茎を伸ばす。地下茎は先端に塊茎をつけ、地上茎と地下茎の伸長を繰返しながら増殖する。	ウキヤガラ コウキヤガラ
	根茎(越冬芽)・種子	地下茎の先端や節から地上茎を単生または叢生(マツバイ)し、地下茎は地中を分岐して伸長する。	マツバイ サンカタイ
	鱗芽(鱗茎)・種子	地下茎は1節おきに地上茎を出しながら土中浅く分岐伸長する。沈水葉と浮水葉をもつ。秋期に地下茎の先端が土中の下方へ伸びて鱗茎をつくる。	ヒルムシロ
III. 匍 匐 型 (匍匐茎植物)	匍匐茎・根茎・種子	株際から細長い匍匐茎を伸ばし、節から芽と根を出して連絡体をつくり、地面または浅い地中をはう。	セ リ リ アゼムシロ ギンシュウスズメノヒエ

□ 内は水田における主たる繁殖源。



第1図 植付後塊茎形成始期までの日数と日長時間との関係(農事試1974)

ため親株型に比べて雑草害が大きい。発生深度はマツバイやウリカワを除いて一般に深い、地上茎や地下茎を伸ばす位置は地表下3~5cmの比較的浅いところである。匍匐型は節から芽や根を出して増殖し、茎を切断しても再生が極めて容易である点に特徴があり、増殖が旺盛である。また環境条件によっては立ち上がって単立植物の形態を示すこともあり、不良な立地や環境に適應する能力が大きい。移植水田では水稻の生育が先行して増殖は劣る。

栄養繁殖器官の形成は日長、温度、土壤水分、栽培法などの影響を受けて変動する。ミズガヤツリ、クログワイ、ウリカワ、オモダカ、ヒルムシロの5草種について、植付後から塊茎形成始期までの日数を日長時間との関係でみると第1図のようである。ウリカワのみは植付時期が異なっても塊茎形成までの日数は植付後50~60日を経たほぼ一定の時期にみられ、日長にあまり影響されないことがわかる。これに対して他の4草種は植付時期がおそいほど塊茎形成までの日数は短くなり、秋期に一斉に形成する。ミズガヤツリの塊茎形成は明瞭な短日反応を示

すことが確かめられているが(菅ら1975)、他の3草種も強弱の差はあるにしても短日反応を示すことがうかがえる。

塊茎形成位置はウリカワでは5~7cm、ミズガヤツリでは5~10cmの比較的浅い層に集中して形成され、ヒルムシロは

逆に耕土の底盤附近の深い層に多い。クログワイとオモダカは比較的深い層に形成されるが、土中の垂直分布が大きい点に特徴がある(草薙ら1975)。また形成位置が深い草種は概して耕土の深さや栽培法によって形成位置が変動しやすい。形成量は形成位置が浅い草種ほど多い傾向がみられる。上に述べた5草種の栄養繁殖器官で休眠がほとんどないとみられるのはウリカワとミズガヤツリで、ヒルムシロも極めて浅い。オモダカとクログワイの塊茎には長い休眠があり、しかも両種とも休眠覚醒は極めて不斉一で出芽が揃いにくい。栄養繁殖器官の土中における生存年数については、圃場における観察ではクログワイが4~6年で最も長く、ミズガヤツリが1~2年で最も短いようであるが詳細は不明である。

塊茎は秋、冬期に耕起によって地表面に露出すると、冬期~春期の低温と乾燥によって死滅する。ミズガヤツリは冬の反転耕によって全越冬器官のうち47%が死滅し、さらにていねいな代かきを組み合わせることによって全越冬塊茎の85%が死滅するという(山岸ら1972)。耕起による秋冬期の塊茎死滅効果は耕起後土壌を

乾燥させることによって著しく高まり、耕起後湛水状態に保つと死滅がほとんど進行しない(草薙ら 1973)。ウリカワは塊茎水分が20~30%に低下すると枯死するといわれ(古城ら 1975)、ミズガヤツリやクログワイもほぼ同じであるが、ヒルムシロは水分が20%程度に低下しても枯死率が低く、乾燥にかなり強い性格をもっている(草薙ら 1972)。

(2) 出芽特性

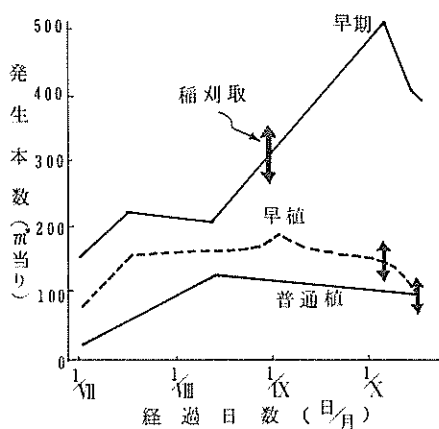
雑草の種子や栄養繁殖器官は自然休眠と環境休眠を繰り返しながら生存を続けるが、立地条件や栽培法によって寿命や発生様相がかなり変動する。出芽に関与する生理的要因としては幼芽の暗所伸長性、土壌貫通力、酸素要求度などがあげられ、これらの要因は種子や栄養繁殖器官の形態的機能の差や温度、土壌水分、土壌硬度など栽培環境の影響を受けて変動する。

多年生雑草種子には休眠のあるものが多いが、自然休眠の期間についてはほとんどわかっていない。発芽条件についてはミズガヤツリのように発芽が光の有無には影響されないが、変温で促進されるもの(山岸 1974)、セリのように変温で促進され、光を必要とするもの(織田 1973)、ホタルイのように光の存在下で促進され、変温

を必要としないもの(鈴木 1975)など多様である。しかし、休眠の覚醒条件についてはまだ不明な点が多い。

栄養繁殖器官について発芽の好適温度は、マツバイ(根茎)30~35°C(下島 1967)、ウリカワ(塊茎)25~30°C(小島ら 1972)、ミズガヤツリ(塊茎)30°C(山岸 1974)などとされており、一年生雑草種子の場合と大差ない。これらの草種も発生量は作期によって著しく異なり、早期、早植栽培などで発生量、発生後の増殖ともに著しい(第2図)。これは発生初期に水稲との間に光や養分に対する競争が少ないことや、発生に好適な期間が長いこと、土壌の還元化の進行がおそいなど発生環境がよいためである。

出芽深度は、発生消長や発生量を左右する要因となる。栄養繁殖器官の場合は、土中の形成位置に対応した発生深度を示すのが普通である。例えば湛水下の発生限界深度はマツバイでは地表下3 cm(下島 1967)、ウリカワでは15 cm(佐竹ら 1969、山岸ら 1972)である。マツバイやウリカワのように栄養繁殖器官の形成位置の浅い草種では耕起や代かきによって分布位置を深くすることができ、発芽後土中で天死させたり、発芽そのものを不可能にすることができやすい。水田では一般に耕起、代かきが行われ、初期の出芽では土壌貫通力を阻害するような土壌硬度になることは少ないが、酸素の影響を受けることが多い。ミズガヤツリの塊茎は水田多年生雑草の塊茎のなかで最も酸素要求度が高く、煮沸水中では水深10 cmで出芽が不可能になる(山岸 1974)。移植栽培で代かき後湛水状態に保って、出芽がみられるのは代かき時に浮上して土壌表面に定着し、露出している塊茎か芽を水中に出している塊茎に限られる。耕起、代かきに



第2図 水稲作期とウリカワの消長(小島ら 1972)

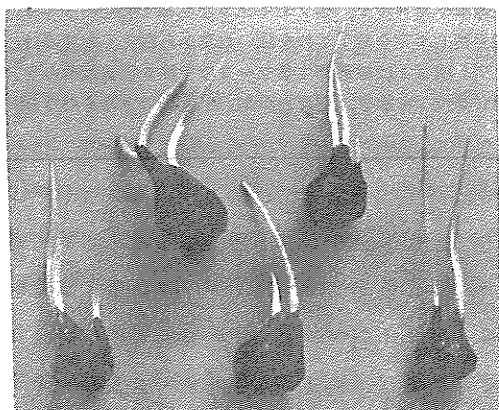
よって土中に埋没した塊茎は、地表下 5 cm 程度であっても出芽が著しく阻害される。土中に埋没した塊茎は、徐々に死滅してゆくが、生存しているものはその後、間断灌漑開始後あるいは中干期以降酸素の供給が得られるようになって出芽してくる。しかしその発生量は少ない。

土壤水分は雑草の種類組成と発生量に与える大きな要因であって、雑草の土壤水分に対する適応性は立地条件や栽培法と極めて密接な関連をもつ特性である。ウリカワの出芽は土壤水分が最大容水量の 80 % 以上では速やかであるが、60 % 以下では出芽しないか、出芽しても生育が停止する（山岸 1972）。乾田や畑水分状態で出芽が良好なミズガヤツリとは対照的な存在である。ミズガヤツリが移植栽培よりも乾田直播栽培で増殖が著しいのもこのような土壤水分に対する適応性の差異に基因するものである。

最近、ウリカワやヒルムシロの出芽がエチレンや炭酸ガスで促進されることが認められた（菅ら 1974）。ウリカワやヒルムシロなどの水生雑草の出芽は、不耕起や年中湛水状態に放置しておくと思く、秋冬期に耕起し、土壤を乾燥させ、初夏に湛水して代かきすることによって良好な

出芽を示し、揃いやすい。これは内生エチレンの他に耕起後湛水することによって土壤から発生するエチレンや炭酸ガスが発生生育に重要な役割を果たしているのではないかと考えられている。

つぎに、栄養繁殖器官の芽の形態や機能は本来、種の特性であるか、発生、増殖と密接な関係をもっている。オモダカの塊茎は頂端に突出したただ 1 個の芽を有するので、根出葉の叢生する位置よりも下で切断すると株絶えとなってしまう。ところがクログワイ、ウリカワ、ミズガヤツリには一つの塊茎に複数の芽をもっていて（第 3 図）、通常、頂芽優勢性を示し、最頂端の芽が伸長してくるが、その芽が除去されても残りの芽から容易に出芽がみられる。とくにクログワイのように休眠覚醒が不斉一で、貯蔵養分の大きい塊茎では後発生が多くなり易く、防除効果があがりにくい一因となっている。ミズガヤツリは不耕起では頂端芽が出芽してくるが、耕起によって細長い一つの塊茎が分断されたり、掘りあげられて露出すると、頂芽以外の塊茎の節にある芽部から次々と出芽してくる特性をもっている。またヒルムシロは通常、数本の鱗茎をつけており、耕起によって分断されると各鱗茎から出芽して繁殖源がばらまかれることになる。塊茎の形態や塊茎に着生している芽の数によって発生と増殖の態様に著しい変化を生むことになる。



第 3 図 クログワイ塊茎の萌芽状況
（形成後約 1 カ年後の催芽調査）

3. 葉数および分株発生の推移 — とくに除草剤の処理期に関連して —

雑草の発生時期や発生後の生育程度を適確に把握することは除草時期を決定するうえで重要なことである。最近、除草剤は種類が多くなってきたが、どの除草剤も雑草の生育ステージと

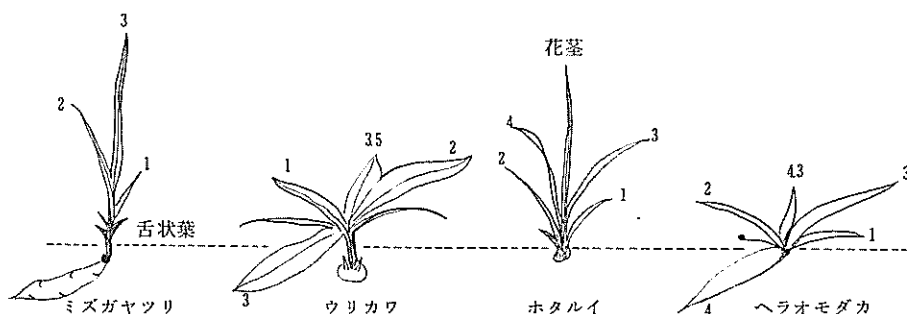
水稻への影響を検討して有効な使用時期が決められている。すなわち新除草剤適用性試験では雑草の発生の遅速や斉一度を明らかにする目的で、発消長（発生始期、発生盛期、発生揃、発生期間など）の調査、また除草剤の処理時には雑草の生育程度（葉数、草高など）の調査が行われている。そして実用性の判定段階では各地の実証的なデータに基づいて地域別に除草剤使用基準がつくられる。このためには主たる対象雑草について葉数の数え方を統一しておくことや、標準の生産程度を把握しておくことが必要になる。この点ノビエ以外の雑草については

あまり検討されていなかった。そこで筆者は47年から多年生雑草の葉数や生育ステージに関する調査を進めてきたが、49年には千葉県農業試験場の協力を得て2, 3の草種については一応の結論を得た。すなわち葉令の数え方については、便宜的であるが、鞘葉、子葉または初生葉を除いた本葉もしくは成葉のみを数えるのが、实际的で分かりやすいということである。第4表はこのような観点からあらためて既往の一般的調査基準とあわせて主要な多年生雑草の葉令の数え方を整理したものである。なおこの調査基準は、日本植物調節剤研究協会の除草剤試験

第4表 水田雑草の調査基準

区 分	調 査 項 目	調 査 要 領
発 生 消 長	発 生 始 期	始めて発生をみた日。
	発 生 盛 期	全発生の40～50%が発生した日。
	発 生 揃	発生がほとんど終了したと認めた日。
	発 生 期 間	発生始より発生揃までの期間。
	増 殖 始 期	地下茎の伸長開始期から第1次分株の発生始期。
	増 殖 盛 期	分株の発生や地下茎からの新葉抽出が盛んになった頃。
生 育 程 度	生 育 初 期	発生後から栄養生長期の中期まで。
	生 育 中 期	栄養生長期の後期から開花始期まで。
	生 育 後 期	開花期から成熟期まで。
	草 葉 高 数	自然状態における土壌表面から地上部の最高部までの高さ。 ノビエ、コナギなどの一年生雑草やホタルイ、ヘラオモダカなど種子発生の多年生雑草は子葉、鞘葉、または初生葉（不完全葉）1枚を除いた葉から数え（対生葉は1対で1葉とする）、ウリカワ（塊茎）は線形初生葉2～3枚を除き広線形のみを数え、ミズガヤツリは舌状葉（3枚）を除き、葉身と葉鞘とが区別できるものを調査。

附図 ・ 数字は葉令を示す。



実施基準（50年10月）にとりあげられているものである。

つぎにミズガヤツリ、ウリカワ、ホタルイの出芽後の葉数と分株発生の推移について、筆者が49年に鴻巣で行った調査結果の概要を述べ参考に供したい。この調査は $\frac{1}{400}$ aのポットにミズガヤツリとウリカワは7月9日の代かき直後に塊茎を植え付け、ホタルイは代かき時に種子を混和して裸地条件で行ったものである。調査時期がおそかったため以下述べるように全般に生育の進度が大きかった。

ミズガヤツリ：代かき後5日で0.5～1.0葉、草丈20～25cm、同10日で1.5～2.0葉、草丈6.1～10.2cmとなり、同20日では4.5～6.0葉で草丈16～25cmとなった。葉身は後出葉ほど長く、第1葉はとくに短く水中に没している状態であった。地下茎の伸長は3～4葉頃始まった。そして第1次分株の出芽始めは代かき後20日、5～6葉期、第2次分株の出芽始めは代かき後27～30日、8～9葉期であった。2次分株発生後数日にして第3次分株の発生がみられ、代かき後45日の調査では親株1株が46株にふえ、3次分株の占める比率が全株の65%にも達した。

ウリカワ：代かき後5日で0.2～0.5葉、同10日で2.5～3.5葉、同20日で6～8葉となった。初生葉2～3枚は針金状の線形葉で捻転しやすい。成葉は広線形で、葉長、葉幅ともに後出葉ほど大きい。地下茎の伸長開始は、3～4葉期であった。第1次分株の出芽始めは6～8葉期、第2次分株の出芽始めは11～12葉期で、代かき後日数ではミズガヤツリとほとんど同じか僅かにおくれていた。代かき後45日目には親株1株が50株に増殖した。

ホタルイ：代かき後5日では初生葉を除く線

形葉1枚が抽出し始め、10日後には1.5～2.0葉となって草丈2.0～3.2cm、20日後には4～5葉で草丈3～5cm。線形葉が4～5枚になると花茎の抽出がみられた。線形葉は4～7枚である。代かき後45日には、花茎が7～9本となり草丈約30cmになった。

雑草の葉令による表示は、除草剤の処理期の幅あるいは限界を示す指標として役立っている。この点では発生盛期や揃期という発生活長を示す漠然とした表現よりもはっきりしている。しかし、同一除草剤でも処理法によって処理期の幅が異なるものがあったり、マツバイや御留茎植物のように葉数の見分けにくいもの、また処理期によっては葉期だけでは表現できないものなどがあって、生育程度による表現が妥当でない場合もある。従って実際的には、葉令や草高以外に発生活長や生育の各段階を示す表現が適当な場合やそうした表現で補完することが必要である場合も多い。ヒルムシロのトリアジン系除草剤の作用性は、ヒルムシロの3～5葉期、増殖初期に最も顕著に現われる。処理期がそれより早くても、おそくても効果が劣る。この場合では、増殖初期という表現で補完するとわかりやすい。このように特定の葉期に卓効を示す例は、栄養繁殖器官でふえる多年生雑草では多い。ウリカワのように塊茎形成の早い草種では、地上部の形態だけでなく、処理期の晩限を塊茎形成前というように表現したほうがよい場合もある。生育後期処理剤では、葉数以外に葉身の形態、花茎抽出、出穂など生態変化にも注目する必要がある。また発生を予測して処理期を合理的に決めようとする一つの手法として葉数や茎数の推移と積算温度との関係が求められることがある。このように除草剤の処理期の指標を

策定するにも多くの要素があり、いくつかの側面がある。多年生雑草に関してこの種の生態研究はようやく緒についた段階であり、雑草の発生活長、発生量の年次変動や増殖率の推移についての検討と併せて今後に残されている問題が多い。

Ⅱ 水田多年生雑草の防除法

1 主要な除草法とその特徴

雑草の防除法としては一般に、生態的防除法、機械的防除法、化学的防除法、生物的防除法、物理的防除法などに分けられる。

生態的防除法は、耕起・水管理などの耕種操作や栽培法、作付時期、田畑輪換などによって雑草の生理、生態上の弱点を攻撃するところに特徴をもつ防除法である。生態的防除は多年生雑草に対しては有効な場合が多いが、必ずしも雑草の根絶を期待するものではなく、発生時期をおくらせたり、発生量を少なくして水稻の生育を先行させ雑草との競争を有利に展開させることに狙いがある。また他の防除手段を組み合わせることによって高い防除効果が期待できるもので、他の防除手段の基盤になる防除法である。例えば耕起によって栄養繁殖器官の土中分布をかえると、表層に露出したものは冬期に低温、乾燥で枯死し、深く埋没したものは出芽が不能になったり、遅延して初期の発生量を少なくすることができる。また田植前や播種前のミズガヤツリの防除は、バラコート散布のみで放置すると再生があつて効果がみられなくなるが、除草剤散布後7～10日を経て枯れ込みが進んだ時期に耕起代かきをすることによって完全に枯死させることができる(米倉ら1975)。

機械的防除は、除草機による機械的かつ画一

的な防除法である。水稻の散播や条播の株間の除草ができないこと、何回か除草機を通す必要があるなど不利な面もあるが、いずれの多年生雑草に対しても一定の除去効果が及ぶ利点をもっている。とくにウリカワのように出芽深度の浅い雑草では芽部を掻きとるので再生を著しく遅らせる。とくに塊茎養分の消失期に当たる発生摘後では再生を抑えて効果が大きい。最近の栽培法に適合した除草機の開発と作業面や他の除草手段との関連性を検討して合理的導入をはかることが大切である。

物理的防除は、光や熱を利用して発生雑草や土壌表層部の種子を殺したり、発生を抑制する方法である。休耕田、畦畔では焼払い、火入れなどが行われるが、栽培期間においては適用できない。また畑地では地温上昇と雑草防除の両面の効果を満たすマルチ用プラスチックフィルムとして透明濃緑色フィルムがよいとされている(稲田1971)が、水稻作における検討は今後の課題である。

生物的防除では、ミズガヤツリに対してイトガ(坂本ら1973)やイグサシンムシが(柴田1971)などが有効であることが認められている。化学的防除における残留毒性や環境汚染面の心配がないこと、安価で更新を必要としないなどの利点をもっている。しかし累積効果を期待するだけに栽培法、他農薬の使用などによる効果の変動が大きいことなどの欠点がある。いずれにしても雑草防除のすべてを引き受ける性格のものではなく(内藤ら1974)、総合的な防除手段の一つとして考えてゆくべきものである。

化学的防除法はいうまでもなく、現在の除草法の中心になっている除草剤による防除法である。他の除草手段よりも完全な除草を能率的に行うことができ、持続効果が期待できる。また

各種の栽培法に適用でき、他の除草手段との組み合わせが容易であるなどの特徴をもっている。しかし反面、人畜や魚貝類に対する毒性、作物に対する薬害、環境汚染などの面については他の防除手段と異なる面をもっているため、十分に配慮して使用することが必要である。また除草剤は生態的防除を補完するものであるということ念頭に置いて使用することによって、除草剤の優れた特性を生かすことができる。

2 除草剤による生育期防除における問題点

現在、多年生雑草に対しては中期処理に重点をおいた一年生雑草との同時防除、初、中期処理剤と多年生雑草専用剤との組み合わせ防除などが行われている。

一年生雑草との同時防除については、最近混合剤化によって殺草スペクトラムだけでなく、処理期幅の拡大がはかられ、対象とする多年生雑草の種類もふえ、明るい見通しが得られている。しかし、混合母剤の性格、草種によって繁殖器官の形態や機能はかなり異なることなどから適用上留意すべき点や問題点がある。すなわち同一除草剤でも草種によって有効な処理時期が異なる場合がある。例えば現在、処理期幅が広く、最も代表的な同時防除剤であるモリネート S Mはミズガヤツリに対しては出芽始期から摘期までの処理で高い殺草効果がえられるが、ウリカワに対してはある程度葉数がふえ、栄養繁殖器官の貯蔵物質の消耗が進んだ時期の処理で効果が高く、ミズガヤツリよりも処理適期がおそい時期にある。

同時防除剤はノビエの葉期によって処理期の幅が限定される。ノビエの防除可能な葉期の範囲内において対象とする多年生雑草の処理適期が合致すると効果が高い。この点ホタルイのよ

うにノビエとはほぼ同様な生育進度を示す草種では高い処理効果が期待できるが、ヘラオモダカ、ミズガヤツリはややもするとノビエよりも生育が先行して残存しやすい。また早期栽培におけるウリカワのように発生期間がだらつくものやオモダカ、クログワイのように発生のおそい草種も一般には同時防除が難しい場合が多い。このように対象草種が限定されたり、多年生混生田における対応が制約されるなどの問題点がある。さらに立地条件や気象条件など除草剤使用に当たっての一般的注意事項についても同時防除剤は混合剤であるだけに母剤の性格にはとくに留意が必要である。例えば漏水の大きい水田や、水管理が自由にならない水田などはペンタゾンを含む同時防除剤は使用が困難であること、またトリアジン系やホルモン系除草剤を含む同時防除剤は適用地域や処理時期について主に薬害面から使用が制約されることなどである。

一般に生育期防除は雑草害を消去するだけでなく、翌年の繁殖源を絶つことに狙いがある。一年生・多年生の同時防除はこの狙いになったものであり、しかも防除の省力という面では合理的な防除法で評価すべきものであるが、このように現状では対象草種が限定されたり、混生田では草種の発生時期に遅速があったり、処理適期が異なったりして効果の変動がさけ難い場合も多い。また後発生や再生などがあって、雑草害は消去しえても、翌年の繁殖源を絶つという面では不十分なことも多く、体系的防除に期待する面が残されている。

体系防除は発生雑草の種類、発生状態、立地条件や水稻栽培法によって除草剤の組み合わせや処理法が異なる。例えばミズガヤツリの単一草種が問題である場合にはベンチオカーブやブ

タクロールのような芽部に対する矮化作用や茎基部からの吸収移行による伸長阻害の強い除草剤を出芽期に処理して中期処理剤との体系を組むことができる。またホタルイのように種子発生が主体のものでは、ブタクロールやCNP・ダイムロンなどホタルイに効果の高い土壌処理剤を田植前後に処理したあと、中期処理剤との組み合わせが可能である。これらの例は特定の草種に卓効を示す除草剤を活用した組み合わせ処理であるが、初期または中期除草剤を処理したあと、多年生雑草が残存した場合には多年生雑草専用剤のペンタゾンや生育後期処理として2,4 P AやM C Pとペンタゾンとの混合製剤を組み合わせで防除する。

このように初・中期処理剤とは性格の異なった多年生雑草専用剤の使用は前処理剤で抵抗性を示して残存した草種の優占化を未然に防ぐことができる。とくに代表的な多年生専用剤であるペンタゾンは、特定草種の優占化が著しい水田で効果が大きいことや、初、中期処理剤散布後に多年生雑草が残存した場合、ホルモン系除草剤と異なり、水稻に対する薬害がほとんど問題にならないことから2,4 P AやM C Pの処理期まで待たなくて防除できる利点がある。そのほか専用剤は、局所的な発生状態を示している場合にはスポット処理で効果をあげることができるし、立地条件に対応して剤形を選択して活用することができる。ただ専用剤は、前期処理剤に比べて一段と処理期の把握や処理前後の気象条件には留意が必要である。また防除の省力面や価格面では、同時防除剤に比べて不利になりやすい。

このように現在の生育期の多年生雑草防除については、処理法、処理時期に関して長所や短所のほかいくつかの問題点が存在する。従って

多年生雑草の防除は、雑草の種類、発生状態、作業法などによっては一年生雑草との同時防除が可能で有利な場合もあれば、専用剤で防除した方が効果が確実に有利な場合もある。少なくとも現状において多年生雑草の防除対策を合理的に確立するためには、同時防除剤と専用剤の両者が必要である。

現在、多年生雑草に対する主要登録除草剤は、第5表のとおりで、ウリカワ、ホタルイ、ミズガヤツリ、ヘラオモダカについては有効な除草剤が登場し、一年生雑草との同時防除、体系防除ともに可能な段階になってきた。クログワイやオモダカにも有効除草剤の開発が進められており、セリにはシメトリン・フェノチオールが有効なことが認められている。

以上、主に移植栽培を念頭においた防除法について述べてきたが、直播栽培については防除上未解決な問題が多い。乾田直播栽培で繁茂しやすいミズガヤツリについては、乾田期間のペンタゾン処理で防除法が確立したが、湛水後に発生する多年生とくにクログワイ防除については未解決である。さらに湛水直播栽培の多年生雑草の防除法の確立は、これからの課題である。

お わ り に

本稿の前段では多年生雑草の生態とくに、2～3の種生態に重点をおいて既往の研究成果の概要を述べてきたが、繁殖機構に関連をもつなかで最も立ち遅れている分野は雑草の生理や雑草の発消長、年次推移など群生態に関する研究である。また実際の水田で多年生雑草の混生状態がどのようになっているか、さらに異種混合群落における発生密度と作物被害、雑草発生量の許容限界などの基礎的問題はほとんど手が

第5表 生育期の多年生雑草対象主要除草剤

1) 一年生・多年生雑草同時防除剤 ○成苗移植 ●稚苗移植

処理期区分	除草剤名	ウリカワ	ミズガヤツリ	ホタルイ	ヘラオモダカ
初期処理 (田植前後または田 植後土壌処理)	ベンチオカーブ粒剤		○		
	CNP・ダイムロン粒剤			○ ●	
	ブタクロール粒剤		○	○ ●	
	ACN・NIP・MCPB 粒剤	○			
中期処理 (茎葉兼土壌処理)	シメトリン・フェノチオール 粒剤				●
	シメトリン・MCPB粒剤	○			
	モリネート・シメトリン粒 剤			○ ●	
	ベンチオカーブ・シメトリ ン・ペンタゾン粒剤	○ ●	○ ●	○ ●	
	モリネート・シメトリン・ MCPB粒剤	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
	ビベロホス・ジメタメトリ ン・ペンタゾン粒剤*	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
	ベンチオカーブ・シメトリ ン・MCPB粒剤*	○ ●	●	●	
田植前後土壌処理剤 との組合せ処理	ACN・NIP・MCPB 粒剤	○ ●		○ ●	
	MCC・MCP粒剤		○	○	○
	シメトリン・MCPB粒剤				
	シメトリン・フェノチオール 粒剤	○ ●		○ ●	●
	モリネート・シメトリン・ MCPB粒剤			○ ●	○ ●
	ビベロホス・ジメタメトリ ン・ペンタゾン粒剤*	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●

2) 多年生(一年生広葉)雑草専用剤

処理期区分	除草剤名	ウリカワ	ミズガヤツリ	ホタルイ	ヘラオモダカ
初期、中期除草剤と 組合せて使用する。 (2,4PA・ペンタ ゾンおよびMCP ・ペンタゾンは 2,4PA, MCP の処理期に準ずる)	MCPアリアル粒剤	○ ●			
	ペンタゾン粒剤	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
	ペンタゾン粒剤	○	○	○	○
	2,4PA・ペンタゾン粒剤	○ ●	○ ●	○ ●	
	2,4PA・ペンタゾン粒剤	○ ●	○ ●	○ ●	
	MCP・ペンタゾン粒剤	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
	MCP・ペンタゾン粒剤	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●

注) 1) 使用基準については本誌7巻11号および8巻5号参照。

2) *登録申請中のもの。

つけられていない分野であり、これからの大きな研究課題であるといえる。雑草の生理や生態の解明は、生態的防除を中心とする防除の総合化を推進する技術的基礎となるだけでなく、除草剤の開発やその使用法の確立に寄与する。しかし個々の雑草の生態については、まだ不明な点が多く、今後の研究の推進に期待されるところが大きい。

多年生雑草は人力による除草では大変な労力を要し、しかも苛酷な労働であるが、その割には再生が容易であるため、翌年の繁殖源を絶ち切るまでには至らないことが多い。それだけに除草剤に対する要望と期待が大きい。また事実、多年生雑草は種類としては多いが、生態の弱点にうまく作用する除草剤が開発されると、水田から追放することが可能である。このことはマツバイに対するDBNやベンチオカーブ、ヒルムシロに対するプロメトリンやシメトリンによって、すでに証明されている。ただ今日では、

多年生雑草の侵入は冒頭にも述べたように農業をとりまく情勢や農業技術の変化を反映していること、種類がふえ、しかも広域的発生が顕著に進んでいることなどから、たとえ有効な除草剤であっても短期間のうちに水田から追い出すことが可能かどうかは疑問である。また農業をとりまく情勢が現状のまま推移し、農業技術がさらに省力化の方向で進行するとすれば、水田から追放しても容易に再侵入してくる可能性が大きいと考えられる。このことは、種子でふえるホタルイ、ヘラオモダカ、塊茎の形成位置の浅いウリカワがまず先行して広域的に侵入し、塊茎の形成位置の深いオモダカ、クログワイの足どりが遅々としているこれまでの経緯からもうかがえる。いずれにしても、多年生雑草の防除は簡単に達成できるものではない。基本的には農業の生産基盤をこれまでよりも一段と安定化し、防除の総合化を実りあるものにしていくことが必要である。

参 考 文 献

- 1) 荒井正雄・宮原益次・横森秀文：関東東山農試研報 8, 56~62(1955)。
- 2) 池田 一：宮崎大農学部研報 21(2), 309~313(1974)。
- 3) 今津 正・織田彌三郎：園芸学雑誌 34(4), 33~40(1965)。
- 4) 稲田勝美：農及園 46(1) 17~22(1971)。
- 5) 岩崎桂三・綿島朝次：日本雑草防除研究会第14回講演要旨(1975)。
- 6) 笠原安夫：雑草研究 12, 23~27(1971)。
- 7) 小島 元・朱宮昭男・福永雅一・井上隆雄・江坂正二：愛知県農総試研報 A4 83~93(1972)。
- 8) 古城斉一・大隈光善・今林惣一郎：日本雑草防除研究会第14回講演要旨(1975)。
- 9) 草薙得一・服部金次郎：日本雑草防除研究会第11回講演要旨(1972)。
- 10) ————・—————：同第12回講演要旨(1973)。
- 11) ————・高村堯夫：同第14回講演要旨(1975)。
- 12) 宮原益次・江口末馬：日本雑草防除研究会第13回講演要旨(1974)。

- 13) 内藤 篤・宮崎昌久：雑草研究 17, 14~19(1974)。
- 14) 中川恭二郎：日作記 41, 別号1, 137~138(1972)。
- 15) 沼田 真・浅野貞夫：日本植物生態図鑑総論 築地書館(1969)。
- 16) 織田彌三郎：セリー冬の水田を有利に生かすー 農山漁村文化協会(1973)。
- 17) 坂本真一・江藤博六：雑草研究 16, 63~67(1973)。
- 18) 佐竹治男・桑野正信：雑草研究 9, 25~28(1969)。
- 19) 柴田寿和・山中浩：北陸病害虫研究会報 18, 99~102(1970)。
- 20) 下坪訓次・中山治彦：雑草研究 18, 44~48(1974)。
- 21) 下島久雄：滋賀県農試特別報告(1967)。
- 22) 須藤孝久：雑草研究 20(2) 39~40(1975)。
- 23) Suge, H. and T. Kusanagi : Plant and Cell physiol. 16, 65~72(1975)。
- 24) 菅 洋・草薙得一：雑草研究 20(1) 8~11(1975)。
- 25) 鈴木光善：日植調協東北支部会報 11, 44~47(1975)。
- 26) 山岸 淳・橋爪 厚：雑草研究 14, 24~29(1972)。
- 27) ————・—————：千葉県農試研報 12, 43~50(1972)。
- 28) ————：雑草とその防除. 11, 12合併号 47~54(1974)。
- 29) 米倉正直・山本実：日本雑草防除研究会第14回講演要旨(1975)。

昭和50年度桑園関係除草剤・ 生育調節剤試験成績概要

財団法人 日本植物調節剤研究協会

昭和50年度桑園関係委託試験成績検討会は、調節剤3薬剤6点について、各試験場所担当者の昭和50年12月15日、国立教育会館(東京)の報告、その質疑応答ならびに慎重な検討がなにおいて、試験場所関係者および委託関係者等された。
58名参集のもとに開催された。その判定結果は次のとおりである。

当検討会では、除草剤12薬剤52点、生育

昭和50年度桑園関係除草剤・生育調節剤試験結果判定一覧表

A. 除 草 剤

薬 種 商	剤 類 品	名 名 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
1)	DPX-3674		水溶	3-シクロヘキシル-6-ジメチルアミノ-1-	デュボン・フ ァーイースト	埼玉蚕試	継	試験年次・例数不足 ・蚕への影響について

薬 剤 名 商 品 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
つづく (トリアジン系) ベルバー		メチル-S-トリアジン -2,4(1H,3H)- ジオン 90%		(1)		・ 薬に対する薬害について ・ 草種と薬量(濃度)の関 係について
2) G-315 オキサジアゾン ロンスター	水和	5-ターシャリーブチル -3(2,4-ジクロロ- 5-イソプロポキシフェ ニル)-1,3,4-オキサジ アゾリン-2-オン 50%	日産化学工業	(岐阜蚕試)	実	前回通り (雑草発生前100~180g /10a 全面土壌処理).
3) GW-7 ヒロバトール	水溶	未公開 30%	三菱瓦斯化学	山形, 群馬, 熊本, 各蚕試 および京都農 業指導所 (4)	継	効果不安定(薬量と草種 処理方法の再検討 次年度の調査.
4) KH-196 [DBN・トリフ ルラリン カソロン・トレ ファノサイド]	粒	DBN: 2,6-ジクロル ベンゾニトリル 40% トリフルラリン: α,α,α - トリフルオール-2,6- ジニトロ-N,N- ジプロビル-P-トリル イジン 15%	兼 商	山形, 福島, 群馬, 長野, 岐阜, 愛媛, 熊本, 鹿児島, 各蚕試(8)(茨 城, 山梨, 愛 媛各蚕試)(3)	実・継	実: 春期雑草発生前6~8 kg/10a 全面土壌混和 処理. 継: 夏処理における効果と 薬害の再検討. 現地混合との比較.
5) M&B-9057 アシュラム アーザラン	液	N'-メトキシカルボニル スルホニルアミドナトリ ウム 37%	塩野義製薬	福島蚕試, 蚕 糸試験場, 兵 庫蚕試 (3)	実・継	実: ヨモギ, ヨメナ, コヒ ルガオに対し30~50 倍液スポット茎葉処理 継: 蚕への影響について. 薬に対する薬害と展着 剤の要否, 草種の拡大, 翌春への影響について.
6) MON-39 グリフォセート ラウンドアップ	液	N-(ホスホノメチル) グリシンイソプロピルア ミン塩 41% W/W	日本モンサント	福島, 栃木, 群馬, 山梨, 徳島, 愛媛, 鹿児島, 各蚕 試および京都 農業指導所 (6)	実・継	実: 雑草発生前初~中期250 ~500 ml/10a, うね間 雑草茎葉処理(ただし 薬にかからぬように). 継: 薬量の再検討, (750 ml/10a 処理の要 否について) 多年生雑草に対する効 果.
7) NP-40	乳	NP-24誘導体 50%	日本曹達	蚕糸試験場, 山梨, 愛媛各 蚕試 (3)	継	試験年次不足 蚕に対する影響について.
8) NTN-80	微粒	O-メチル-O-(2- ニトロ-P-トリル)N	日本特殊農薬 製造	茨城, 栃木, 兵庫, 徳島各	実	イネ科を主体とする雑草 発生前6kg/10a 全面土壌

薬 種 名 商 品 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
つづく		ーイソプロピルホスホ アミドチオネート 5%		蚕試 (4) (茨城, 山梨 各蚕試) (2)		処理.
9) パラコート+ トリフルラリン 〔パラコート+トリ フルラリン グラモキリン+ト レファノサイド〕	液・ 乳	パラコート: 1,1'-ジメ チル-4,4'-ビピリジ ウムジクロリド 240% トリフルラリン: α,α,α - トリフルラリン-2, 6-ジニトロ-N,N -ジプロピル-P-ト ルイジン 445%	武田薬品工業	山形, 埼玉, 兵庫, 鹿児島 各蚕試 (4)	実・ 継	実: イネ科を主体とする一 年生雑草発生前〜初期 パラコート 300mℓ/10a +トリフルラリン 200 mℓ/10a〔現地混合〕茎 葉兼土壌処理. 継: 蚕に対する影響につい て.
10) SSH-36 アシュラム・ア イオキシニル アシュメックス	液	アシュラム: N'-メトキ シカルボニルスルホニ ルアミドナトリウム 20% アイオキシニル: 3,5- ジュード-4-ヒドロ キシベンゾニトリルナ トリウム 3%	塩野義製薬	福島, 埼玉, 長野, 徳島 各蚕試 (4)	継	試験年次不足 ・成績不一致 ・蚕に対する影響について
11) SSH-43 〔 〕	水和	未公開 50%	塩野義製薬	茨城, 熊本, 各蚕試, 蚕糸試〔関西〕 (3)	継	試験年次不足 ・蚕に対する影響について. ・低薬量での薬害について.
12) U-67 (酸アミド系) 〔 〕	粒	3,4,5-トリブロム-N, N- α -トリメチルピラ ゾール-1-アセトアミ ド 6%	日本アップジ ョン	栃木, 長野, 各蚕試 蚕糸試〔関西〕 京都農業指導 所 (4)	継	試験年次不足 ・広葉雑草に対する効果確 認 ・蚕に対する影響について.

B. 生育調節剤

薬 種 名 商 品 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
1) ACP-68-250 脱葉剤 〔エスレル10〕	液	α -クロル-エチル-ホ スホニックアミド 10%	2,4-D協議 会	蚕糸試験場	実・ 継	実: 1500ppm 散布, 収穫 後の条桑の脱葉. 継: ほ場処理での残桑への 影響について.
2) ES-1 脱葉剤 〔エチレンシープ〕	ベレ ット 状	合成ゼオライトに吸着さ れたエチレングス 100g 中にエチレングス 5g 含 有	光興業	(蚕糸試験場) (1)	実	4000ppm, 密閉条件下収 穫, 条桑に処理. (脱葉後すみやかに給桑す ること).

薬 種 名	剤 類 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
3) MC-C 蒸散抑制剤 ミクロンC		液	パラフィン・カルナバ 40%	日本技研	群馬, 山梨 徳島各蚕試 (3) (岐阜蚕試) (1)	継	処理条件の再検討。 試験方法および製剤につ いて検討。

昭和50年度茶園関係除草剤・ 生育調節剤試験成績概要

財団法人 日本植物調節剤研究協会

昭和50年度茶園関係委託試験成績検討会は、

昭和50年12月19日、埼玉県茶業試験場において、試験場所関係者および委託関係者等約40名参集のもとに開催された。

当検討会では、除草剤3薬剤13点、生育調節剤2薬剤8点について、各試験場所担当者の報告、その質疑応答ならびに慎重な検討が行わ

れた。

また、検討会終了後、試験場内の見学がなされ、より親交が深められた。

その判定結果は次のとおりである。(生育調節剤2薬剤については、以前に専門調査員および試験担当者等と協議がなされ、判定結果が発表されている。)

昭和50年度茶園関係除草剤・生育調節剤試験結果判定一覧表

A. 除 草 剤

薬 種 名	剤 類 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
1) U-67 (酸アミド系)		粒	3,4,5-トリブロム-N, N- α -トリメチルピラ ゾール-1-アセトアミ ド 6%	日本アップジ ョン	茶業試験場, 同枕崎支場 静岡, 熊本各 茶試, 京都茶 研 (5)	実・ 継	実: 85%製品は300~400 g/a, 60%製品は350 ~400 g/a, 雑草発 生前土壌処理(株元 には散布しない)。 継: 土壌水分と効果および 薬害の関係について検 討。
2) EDPD ジクワット レグロックス		液	ジクワット・ジブロマイ ド 30%	I.C.I.(ジャ パン), 武田薬 品工業, 日本 農薬	茶試枕崎支場 長野農試下伊 那分場, 静岡 茶試, 奈良農 試茶業分場, 長崎総農試, 彼杵茶業試験	実・ 継	実: 雑草生育初~中期40ml /a うね間雑草茎葉処 理。 継: 薬量・草種・処理時期 と効果との関係につい て確認。

薬 種 名	剤 類 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
つづく					支場 (5)		
3) DPX-3674 (トリアジン系) ペルバー		水和	3-マイクロヘキシル-6-ジメチルアミノ-1-メチル-S-トリアジン-2,4(1H,3H)-ジオン 90%	デュボン・フアーイースト	茶業試験場, 三重農技茶業センター, 宮崎総農試茶業支場 (3)	継	試験年次不足 低薬量での検討。

B. 生育調節剤

薬 種 名	剤 類 名	剤型	有効成分および含有率	委託者名	試験場所	判定	判定の理由・内容
1) アビオン-E200 蒸散抑制剤 アビオンE		乳化	パラフィン 36% 乳化剤, その他 64%	アビオン化学研究所	埼玉茶試, 神奈川園試津久井分場, 岐阜中山間農試, 奈良農試茶業分場 (4)	実・継	実: 10~50倍液200~400 $\frac{L}{ha}$, 11月下旬以降2回散布。 継: 地域拡大検討。
2) MC-C 蒸散抑制剤 ミクロンC		液	パラフィン・カルナバ 40%	日本技研	埼玉茶試, 長野農試下伊那分場, 静岡茶試, 岐阜中山間農試 (4)	継	試験年次不足。

新発売

水田多年生雑草防除に

バサグラン* 粒剤 水和剤

特 長

- 水田多年生雑草にすばらしい効果を示す。
- 散布適期の幅が広く、生育期(発生盛期~増殖初期)散布での効果が高い。
- 稲にも、人畜・魚貝類にも非常に安全性が高い。

適用雑草 ミスガヤツリ・ホタルイ・フリカワ・ヘラオモダカ・水田一年生広葉雑草

効きめと安全の信頼にたえる



住友化学

東京都千代田区丸の内1-3-2

*は西ドイツBASF社の商標です。

植調協会だより

◎ 第30回役員会開催す

昭和50年12月23日、南青山会館（東京都港区南青山5-7-10）において開催され、
①役員人事の件、②昭和50年度予算更正の件につき審議可決されたが、その概要は次の通りである。

1 役員人事の件

全役員の任期満了に伴ない改選を行ったが、飯淵宏一郎氏（石原産業）を除き、全員再任された。飯淵氏の代わりとして浦野啓司氏が選任された。

2 昭和50年度予算更正の件

昭和50年度の受託・委託試験費の増加と経費の節減により、収入・支出予算額427090000円を469470000円に更正した。したがって、当初予算額より42380000円の増加となった。

◎ 会議開催日程のお知らせ

- ・昭和50年度林業関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日 時：昭和51年1月27日（火）10～16時

編 集 後 記

春の七草（セリ・ナズナ・ゴギョウナ・ハコベラ・ホトケノザ・スズナ・スズシロ）を正月7日に、刻んで粥に入れて食べると、萬病除けになると言われている。雑草のなかには、化学では解明できない種々な成分が含まれているが、これらの成分を解明し活用すれば、作物栽培にプラスとなる面がある筈だ。また、人類の長寿化に有用な成分を見出すことができるかも知れないので、今後とも雑草に対する化学的研究が望まれる。

場 所：新橋大東京ビル（7F6号室）

東京都港区東新橋2-6-10

TEL. 436-0111（代）

- ・昭和50年度東北地域マルチ栽培試験成績検討会

日 時：昭和51年1月30日（金）9:30～17時

場 所：水産会館（3F会議室）

岩手県盛岡市内丸

TEL. 0196-23-8141

- ・昭和50年度落葉果樹関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日 時：昭和51年2月6日（金）10～17時

場 所：農林年金会館（6F梅の間）

東京都港区西久保巴町36-1

TEL. 432-7261

- ・昭和50年度常緑果樹関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日 時：昭和51年2月17日（火）10～17時

場 所：薬業健保会館（3F-301～2）

東京都千代田区永田町2-17-2

TEL. 581-1231

◎ 人 事 異 動

昭和51年1月1日付

命 事務局技術部 技師 山崎和巳

財団法人 日本植物調節剤研究協会
東京都港区芝西久保桜川町26番地
電話 東京(03)502-4188(代)

昭和51年1月発行

植調第9巻第10号

¥250（送料100）

編集人 日本植物調節剤研究協会常務理事 吉沢長人
発行人 植調編集印刷事務所 広田伸七

東京都港区芝愛宕町1-3 全国農付教育協会内
発行所 植調編集印刷事務所
電話 東京(03)436-3388番



雑草を速やかに枯らす
武田の除草剤——！



武田グラモキソン®

水田の畦畔、刈取後、休耕田の除草、
そさい畑の播種前、植付前、生育期の畦間、収穫後の除草
果樹園、桑園、茶園の下草除草、
牧野、非農耕地などの除草

トレファノサイド® 乳剤

各種のそさい類、畑作物、花卉類、茶園、桑園、森林苗畑の除草

種子から収穫まで護るホクコー農薬

デュボン
種子消毒剤 **ベンレートT** 水和剤20

殺虫剤 **オルトラン** 粒剤 水和剤

殺菌剤 **カスラフサイド** 粉剤 水和剤

除草剤 **グラキール** 粒剤 1.5 水和剤 2.5



お求めは農協へどうぞ

開発研究所(厚木市)



北興化学工業株式会社
〒103 東京都中央区日本橋本石町4-2

工場：北海道工場・新潟工場・岡山工場
支店：札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

ワンタッチでOK ロンスターシステム!

* 容器のまま散布できる水田除草剤 [®]

ロンスター[®] 乳剤

★ ロンスターシステムの三大特長 ★

- ① ワンタッチで簡単に散布できます
- ② 成苗はもちろん、稚苗移植の除草にも最適です

- ③ 田植前から安定した高い除草効果が持続します

■ 大型機械散布もできます



—— ロンスター普及会 ——
日産化学・北興化学
 事務局 日産化学工業(株)農薬事業部内
 東京都千代田区神田錦町3-7-1
 原体製造元：ローヌ・プーラン [®]

ノビエからホタルイまで

新発売

水田初期除草剤

ショウロンM[®] 粒剤

- ⑤ ホタルイに卓効
- 特 ⑤ イネに安全
- 長 ⑤ 適用地帯が広い
- ⑤ 高い安全性

—— ショウロンM普及会 ——

クミアイ化学工業株式会社 昭和電工株式会社
 三井東圧化学株式会社 三井東圧農薬株式会社

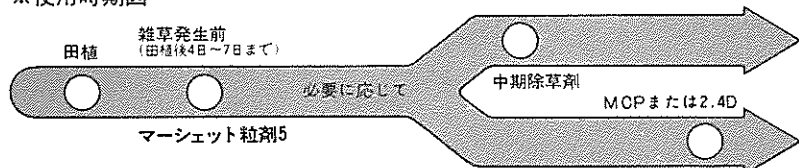


あの人も、ノビエでお困りでしたね。

もう腰を曲げ曲げ、ヒエ抜きに苦勞することはありません。マーシェット粒剤5は、雑草発生前の初期散布で、みごとノビエを一掃。また、ホタルイやミズガヤツリにも効果的。「まだ」の方へ、ぜひおすすめください。

雑草発生前、早めの散布が効果的です

※使用時期図



※ウリカワ、オモダカ、ヒルムシロなどの多発田では、より確実に防除するため、マーシェット粒剤5の処理後、適期にこれらの草に効く専用防除剤の処理をおすすめします。

水田初期除草剤の決定版

マーシェット粒剤5

※米国モンサント社商標

マーシェット普及会
三 共(株)・日本農薬(株)・北興化学工業(株)

事務局 日本モンサント株式会社
〒100 東京都千代田区霞が関3-8-1虎の門三井ビル

われら **サタ** の仲間



安心とユトリをつくる

水田の草とりはおまかせください。
安全で効きめが確かなサターン剤は
いまいちばん多く使われている除草
剤です。

米づくりに今年も“サターン作戦”
でユトリをおつくりください。

サターン[®]S 粒剤



申込みは皆様の農協へ
自然に学び自然を守る



クミアイ化学

東京都台東区池之端一丁目4番26号

サターン[®]M 粒剤

サターン[®] 乳剤

サターン[®] 粒剤

サターン[®]バアロ[®] 乳剤



期待に応えて新登場!!

多年生・一年生
雑草の同時防除に

ラメット[®]SMI 粒剤

- ホタルイ、ミズガヤツリ、ウリカワ、オモダカ、
ヘラオモダカなど、最近急激に問題化している
多年生雑草をも防除できます。
- ノビエの3～4葉期処理でも卓効があります。
散布適期幅が広いので、労力配分が容易で大変
省力的です。



八洲化学工業株式会社

東京都中央区日本橋本町1-6(大和ビル)



三笠化学工業株式会社

福岡市中央区天神4-9-1