

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	草丈 ¹⁾	水湿 ²⁾ 適応性	平均 ³⁾ 発度
〔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
キキョウ科	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、キシュ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、キシュウスズメノヒエ、サヤヌカグサ、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）、キシュウスズメノヒエ（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。キシュ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
ダマガヤツリ	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。

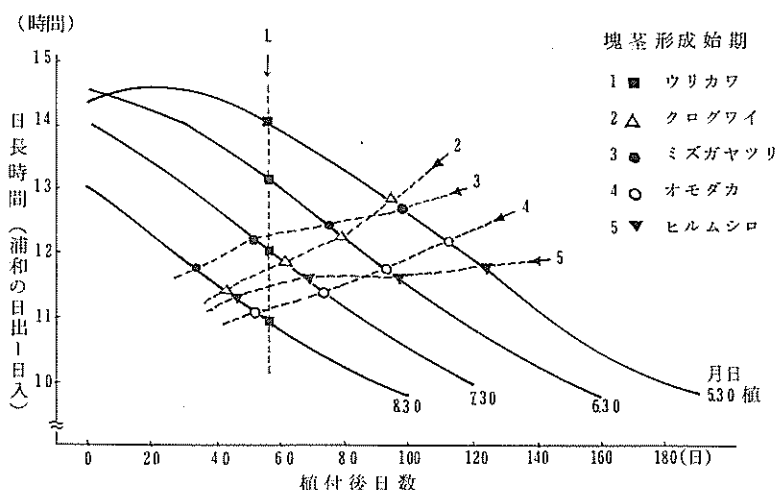
多年生雑草の栄養繁殖器官は普通、匍匐茎、根茎、球茎、塊茎、鱗茎、珠芽、塊根の7種に分けられる。地中にある茎を総称して地下茎と呼び、地下茎は形態によって根茎、塊茎、球茎、鱗茎などに分けられる。植物学的にはいずれも茎の変形したものとみられる。また地下茎は狭義には走出枝や匍枝とも呼ばれる根茎をさす場

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枝などがそれである。走出枝、匍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 キシウスズメノヒエ

□ 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

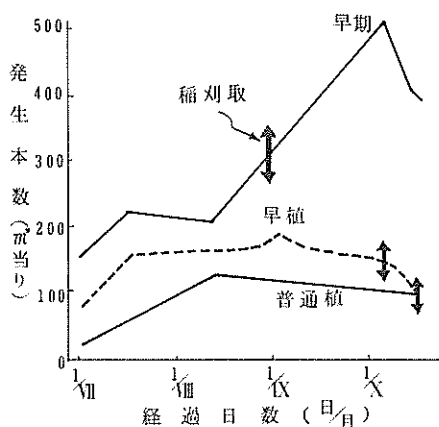
雑草の種子や栄養繁殖器官は自然休眠と環境休眠を繰り返しながら生存を続けるが、立地条件や栽培法によって寿命や発生様相がかなり変動する。出芽に関与する生理的要因としては幼芽の暗所伸長性、土壌貫通力、酸素要求度などがあげられ、これらの要因は種子や栄養繁殖器官の形態的機能の差や温度、土壌水分、土壌硬度など栽培環境の影響を受けて変動する。

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)

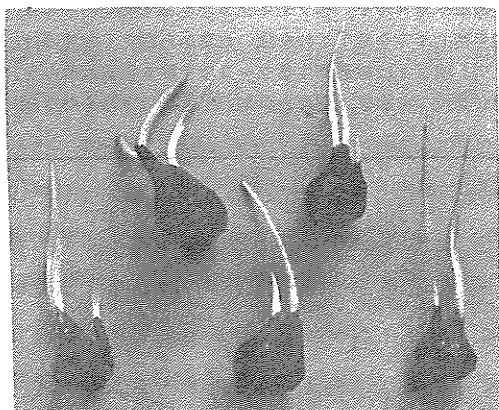
よって土中に埋没した塊茎は、地表下 5 cm 程度であっても出芽が著しく阻害される。土中に埋没した塊茎は、徐々に死滅してゆくが、生存しているものはその後、間断灌漑開始後あるいは中干期以降酸素の供給が得られるようになって出芽してくる。しかしその発生量は少ない。

土壤水分は雑草の種類組成と発生量に関与す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

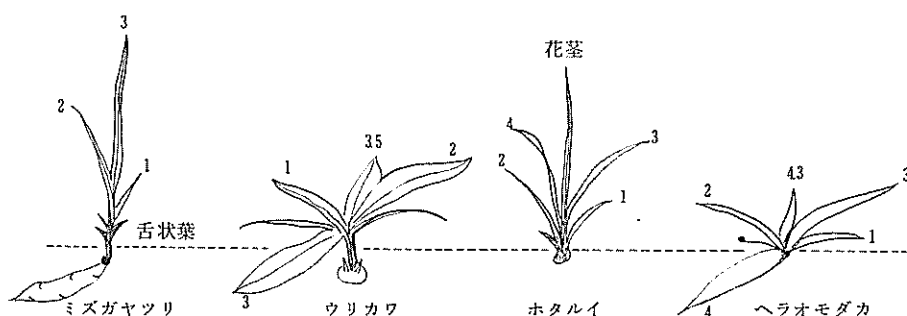
水稻への影響を検討して有効な使用時期が決められている。すなわち新除草剤適用性試験では雑草の発生の遅速や斉一度を明らかにする目的で、発消長（発生始期、発生盛期、発生揃、発生期間など）の調査、また除草剤の処理時には雑草の生育程度（葉数、草高など）の調査が行われている。そして実用性の判定段階では各地の実証的なデータに基づいて地域別に除草剤使用基準がつくられる。このためには主たる対象雑草について葉数の数え方を統一しておくことや、標準的の生産程度を把握しておくことが必要になる。この点ノビエ以外の雑草については

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っ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	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
	ビペロホス・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			○ ●	○ ●
	ビペロホス・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) 桶田勝美：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