

水稻作用除草剤の 適正使用について

農林水産省農業研究センター 宮原益次

は し が き

水稻作の雑草防除は、第2次大戦後に急速に進んだ除草剤の創製研究とそれに対応した利用開発研究によって多数の有効除草剤が利用できるようになり、現在では除草剤の利用によって省力的に行なわれている。すなわち、除草剤利用前には中耕除草機と手取り除草による除草が行なわれており、10a当り数十時間を要していたのに対し、現在では全国的にみると除草剤1～3回の使用によって防除しており、10a当りの労働時間が数時間となっている。このように、除草剤利用は著しい省力効果をあげ、米生産の低コスト化にも大きな役割を果たすとともに、労働として極めて過酷な手取り除草を追放したことによって、農民の保健上に果たした意義も極めて大きい。

近年、除草剤の利用に馴れるにともなって使用の適正化がなおざりになり、必要以上に除草剤を使用しているとみられる例がある。近年、農薬の安全性についての社会的関心が高まり、水田外への除草剤の流出についても注目されており、この面からの適正使用についても十分な配慮が必要である。一方、従来は主として経験的に行なわれていた発生雑草の予測について、近年雑草繁殖器官の生存状態についての基礎的知見が明らかになってきた。

以上のような情勢を考慮して、水稻作の除草剤利用について、現状の省力性を維持しながら、

可能な限り使用量を少なくすることを主要なねらいとして、適正使用問題について述べることにする。

除草剤は農薬登録になって市販されるまでには、開発した機関とともに公的機関によって多くの試験研究が行なわれており、その結果から使用基準が設定されている。使用基準には、防除可能な草種、適用地域、適用土壌、処理時期、使用量、使用上の注意などが記載されている。したがって、個々の除草剤の適正使用については、使用基準に従うことによって可能である。そこで、本稿では除草剤の選定を重点とし、使用については一般的な原則について述べることにする。

I. 除 草 剤 の 選 定

水田の条件に応じて最も適切な除草剤を選定することは、除草剤の適正使用のためにも極めて重要なことである。除草剤の選定のために問題となる水田の条件としては、除草効果の面からは雑草の種類別の発生量、発生活長、水持ちの良否などがあり、水稻に及ぼす影響の面からは土壌条件、気象条件、耕種法などがある。さらに、周辺地の作物の作付状況、養魚場の有無などについての情報が安全性の面から問題となり、低コスト化の面からは薬剤費についての検討が必要である。

1. 除草効果からの選定

除草剤は種類ごとに有効な雑草の種類が異なるとともに、残効期間にも差異がある。したがって、除草効果の面からの除草剤の選定にあたっては、使用する水田の発生雑草の種類と量および発生消長に対応した有効除草剤を選定することが必要となる。

① 発生雑草の種類

除草剤利用前のわが国の水田雑草は中耕除草機と手取り除草が行なわれていたために、全国的にみて一年生雑草が主体であった。そして、多年生雑草で発生量が多かったのは、マツバイぐらいであった。除草剤による雑草防除が行なわれて30年以上経過した現在では、全国各地で多くの多年生雑草が問題となっており、多年生雑草を防除対象として考慮することが必要になっている。多年生雑草は一年生雑草と異なり主要な繁殖様式が種類ごとに異なるために、有効除草剤が種ごとに異なることが多い。このことから、除草剤選定のための発生草種の明確化のためには、多年生雑草については種ごとに明らかにしておくことが必要である。

現在使用されている除草剤は、処理適期が雑草の発生前から生育の極初期のものが大部分である。したがって、発生雑草の種類については、水田での発生状況をみて判断したのでは適期に使用することが不可能であるので、発生前に予測することが必要である。この点については、従来は経験的に判断されており、雑草の生態にもとづく科学的な予測については困難であった。近年、雑草の繁殖器官の形成および土壤中における生存状態に関する研究の進展がみられ、発生草種の予測に関する知見が増加し、科学的な予測が可能になりつつある。

水稲作の雑草の発生量は夏季に生育していた植物体が冬季の低温で完全に枯死し、越冬用器

官からの発生によるものであるから、土壤中における種子、塊茎などの繁殖器官の量と、それらからの発生率とによって決定される。繁殖器官の量は、前年までにおける繁殖器官の形成量と形成されたものの土壤中における生存年数とによって決定される。繁殖器官の形成量については、草種別にいくつかの報告があり、一般的には残草量の多少と極めて高い正の相関関係にあることが認められている。一方、土壤中における繁殖器官の生存年数についての知見は、タイヌビエについて明らかになっているぐらいであったが、近年多くの草種についても明らかになりつつあり^{1, 8, 4)}、草種間差異が著しいことが認められており、それは主として種子と栄養繁殖器官との差異によるものである。これらの知見から、前年における残草量によって次年度の発生量を予測することが可能な種があることが明確になってきた。

種子発生の雑草（一年生雑草の全部と一部の多年生雑草）では、一般的に種子の土壤中の生存年数が長いために、種子の土壤中の量は過去数年以上にわたる種子生産によって支配されるので、前年の残草量と翌年の発生量との間に一定の関係が認められない草種が大部分である。なお、土壤中の種子の生存年数は草種による差異とともに、同一の草種でも土壤条件とくに年間の地下水位の高低の変動によって著しい影響をうけることが認められており、タイヌビエでは秋から春の間が畑状態の乾田で生存年数が短く、年間湛水状態の湿田で長く、キカシグサ・アブノメではその逆の関係が認められている⁴⁾。したがって、種子発生雑草の発生予測をより定量的に行なうためには、草種別に土壤条件を考慮して行なうことが必要となる。

栄養繁殖器官から発生する多年生雑草では、

栄養繁殖器官の土壤中の生存年数が種子に比較すると短いものが多く、ミズガヤツリ・ウリカワ・オモダカなどでは形成の翌々年の春には生存しているものがほとんどなく、発生がほとんどみられない^{2,8)}。したがって、このように繁殖器官の寿命が短い草種では、発生源である繁殖器官の量は前年における形成量によって支配される。クログワイの塊茎は、形成後3年間以上にわたって生存していることが認められており⁸⁾、上述の草種とは異なり、過去3年間以上にわたる形成量によって塊茎の量が支配される。

上述のことから、種子発生の雑草については、前年の残草量によって次年度の発生量を予測することは困難であるが、ミズガヤツリ・ウリカワおよびオモダカの塊茎からの発生については、残草量から次年度の発生量を的確に予測することが可能とみられる。いま、農業研究センターの鴻巣水田の普通期栽培で各種の除草体系での

残草量と次年度の発生量との関係を示すと、図のとおりである。種子発生の一年生雑草およびイヌホタルイでは、残草量が極めて少ない場合にも、次年度の発生量が多く、残草量と発生量との間に一定の関係が認められない。塊茎発生のミズガヤツリおよびウリカワでは残草量と発生量との間には極めて高い正の相関関係があり、しかも、その関係は原点をとる直線回帰式で表わすことが可能とみとめられる。したがって、残草量が全くない場合には次年度には発生がないものと云うことができる。

以上のように、残草量と翌年の発生量との関係が整理されることから、発生雑草の種類および量の予測については、現状ではつぎのように行なうことが適当と考える。

ミズガヤツリおよびウリカワでは、塊茎による繁殖が主体であるので、秋季における残草の有無および多少によって、次年度の発生量を予

測し、残草量が全く認められない場合には防除対象から除外する。一方、一年生雑草およびイヌホタルイのような種子発生の雑草では、残草量による次年度の予測は困難であり、過去において発生が認められたものはつねに防除対象とすることが必要である。

雑草の発生予測については、上述のように一部の草種で比較的簡単にできるようになった段階であり、除草剤の合理的選定のためには少なくとも主要草種について簡便な予測法の開発が望まれる。

雑草の発生予測法として、冬

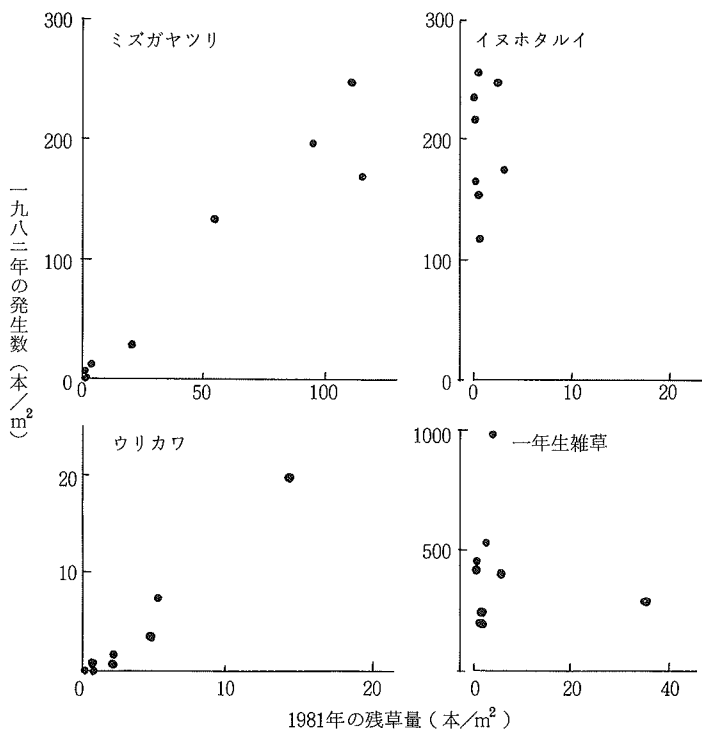


図 残草量と発生量との関係⁵⁾

季に土壌を採取して発生量を調査して行なう方法が検討されている⁶⁾。この方法は正確な予測が可能であるが、広大な面積を対象としての具体的な進め方、水田内での分布の不均一な草種についての調査法などに問題点があると考えている。

② 発生活消長

雑草は種類によって種子、塊茎などの繁殖器官の休眠性、出芽に好適な環境条件などが異なるために、発生活消長に著しい種間差がある。また、同一の草種でも、種内変異や環境条件の変動によって発生活消長に差がみられる。このように変異する発生活消長は、土壌処理剤では残効期間との関連で除草効果に大きく影響し、茎葉処理剤でも処理後の発生の多少に関連して除草効果に影響する。したがって、除草剤の適正使用のためには、発生活消長の変動に対応した除草剤利用を行なうことが必要となる。

草種による発生活消長の差異は、種子発生雑草のなかにも主として発芽温度との関連で差異が認められるが、一般的には発生深度が浅い種子発生雑草ではその差異が比較的小さい。一方、栄養繁殖器官から発生する雑草では、休眠性および発生深度の種間差が著しく大きいために、発生活消長に極めて大きな種間差が認められる。すなわち、塊茎の休眠性がなく、湛水土壌中での発生深度が極めて浅いミズガヤツリでは発生が比較的斉一であるのに対し、塊茎の休眠性が深く、しかも発生深度が極めて深いクログワイおよびオモダカでは発生が不斉一であり、極めて長期間にわたり、稲作の全期間にわたって発生がみられる。塊茎の休眠性がほとんどなく、発生深度が中程度のウリカワでは、ミズガヤツリよりやや長い発生期間である。

このような草種による発生活消長の差異に対応

し、発生期間が極めて長い草種については単独の除草剤処理のみでは十分な防除効果をあげることが困難なことが多く、2回以上の処理を組合せることが必要である。

同一草種内の発生活消長の変動については、一部の雑草では種内変異による可能性も指摘されているが、現状では環境条件の差異によるものが大きい。環境条件として第1にあげられるのが温度である。わが国の水稻作では、雑草の発生開始時期にあたる移植時の気温が15℃前後から25℃前後と10℃以上の差異があり、この気温の差異が発生活消長を著しく変動させる。水稻作の雑草の発芽温度は最低が10℃前後で、最適が30℃前後のものが多く、上述の移植時の気温が高い場合に発生が速やかとなり、しかも斉一となるのに対し、低温条件では発生開始時期が遅れるとともに、発生期間が長くなる。なお、気温の高低による土壌の還元状態への進行の遅速も発生期間の長短に関与する。

水田の水持ちの良否と水深も発生期間に関与する。水持ちが良好であって完全な湛水状態に保たれる水田に比して、水持ちが不良であって時々田面が露出する水田では、土壌がより酸化的状態に保たれることが主要な原因となって、発生期間が長くなる。

このような同一草種内の発生活消長の差異は除草剤の効果に大きく関与し、高温で水持ちが良く発生期間が短い水田では、土壌処理剤の単独処理のみで十分な防除効果をあげることが可能であるが、低温条件で水持ちが悪い場合には、土壌処理剤のみでは十分な効果をあげることが困難な場合が多い。

③ 具体的な選定

発生草種との関連では、予測が可能となれば、発生草種に有効な除草剤を選定する。この場合、

多年生雑草については種類ごとに有効な除草剤が異なるので十分に注意する。

発消長との関連では、発生期間が極めて長いクログワイおよびオモダカに対しては、1回の処理のみで雑草害を防止するのに十分な効果をあげることが困難であり、土壌処理剤と茎葉兼土壌処理もしくは茎葉処理剤との組合せが必要である。この場合、比較的遅く発生したものでも塊茎形成をすることから、中干し期頃の茎葉処理剤を組入れることが、塊茎形成防止に有効である。その他の雑草に対しては、比較的高温で水持ちが良好であって発生期間が短い水田では、土壌処理のみで十分な効果をあげることが可能であり、発生草種に有効な土壌処理剤を選定する。低温条件でしかも水持ちが不良で発生期間が長い水田では、土壌処理剤のみで十分な効果をあげることが困難な場合があり、とくに水管理が適確に行なえない場合には土壌処理のみでは効果が不十分である。このような水田では、発生草種に対応して、土壌処理剤と茎葉兼土壌処理剤との組合せを基本とし、さらに茎葉処理剤の組合せについても考慮する。

発生雑草の種類の予測の項で述べたように、雑草は種類によって単年度の防除効果が次年度の発生量に直接的に影響するものとそうでないものがある。このことから、基盤整備が終了して用排水路が完全に整備され、畦畔雑草の管理が適確に行なわれている水田では、水田外からの繁殖器官の流入が極めて少なくなるので、水田内での雑草の種類の年次の推移に対応した年次別の除草剤選定を行なうことによって、より除草剤の使用量を減少することが可能になる。具体的にはミズガヤツリおよびウリカワと種子発生雑草が混在している水田では、当初の1～2年間には発生草種全般を対象として防除を行ない、ミズガヤツリおよびウリカワがほぼ完全

に防除されて残草量がほとんど無くなった以後には、種子発生雑草のみを対象とした除草剤の利用で十分な防除効果をあげることが可能である⁵⁾。今後はこのように水田内の雑草の推移に対応した除草剤の長年次にわたる利用技術を確立して、除草剤使用量の減少や除草剤費の節減をはかることが望まれる。

2. 水稲に及ぼす影響からの選定

水稲作用除草剤は水稲と雑草との選択殺草性の差異を利用したものであり、現在使用されている除草剤では通常の条件では水稲に対して安全性の高いものが多い。しかし、水田は全国各地に存在し、土壌条件、気象条件が異なるとともに、耕種法についても差異がみられ、特異な条件では除草剤の薬害が問題となることがある。したがって個々の除草剤については、適用地域および適用土壌が明確に示されており、特異な条件に対しての注意事項が示されている。このことから、使用する水田の条件を明確にして、その条件に適合する除草剤を選定して使用すれば、薬害については問題とならない。ここでは、薬害の発現との関連でとくに留意しなければならない水田の条件についてみることにする。

④ 土壌条件 土壌の物理化学的組成は除草剤の吸着に大きく関与して薬害の発現に関与する。一般的には砂質で有機物の少ない土壌では除草剤の吸着が劣り、薬害が発現しやすい。また、水持ちの良否は除草剤の土壌中の移動程度に大きく関与し、薬害の原因となることがある。これらの土壌条件が薬害に関与する程度は除草剤の作用性によって著しく異なり、水稲の根および生長点部分に除草剤がある場合に薬害が発現するアセトアニライド系（ブタクロール、プレチクロール）、トリアジン系（シメトリン、

ジメタメトリン)などでは、砂質土壌で漏水があって、除草剤の土壌中の下方移行が大きい場合に薬害が発現する。一方、根や生長点の周辺に除草剤が存在していても薬害の発現がなく、主として地上部からの薬害が問題となるディフェニルエーテル系(CNP、クロメトキシニル)では、砂質の漏水田では薬害が問題にならないが、水持ちが良好で深水条件に保たれた場合に薬害がみられることがある。

土壌処理剤としては従来ディフェニルエーテル系が多く、薬害については主として水深と気象条件との関連が問題であったが、近年アセトアニライド系除草剤が著しく増加してきたことにともなって、土壌の種類および漏水程度を薬害との関連で重視することが必要になってきた。この点に着目して、日本植物調節剤研究協会では昭和58・59年に不良土壌条件での除草剤の安全使用についての試験研究を企画し、国公立の数か所の試験機関で実施した。その結果、アセトアニライド系除草剤の砂質土壌での薬害は気温によって大きく異なり、低温条件ではほとんど問題にならないが、高温条件で著しくなることが認められた。そして、実際の使用については、適確な耕種法が行なわれている条件では、従来の使用基準に従えば良いことが明らかとなった。

② 気象条件 薬害からみて最も問題となるのは気温である。水稻作用除草剤は、一般的に高温条件で活性が高まり、一部の除草剤では著しい高温条件で薬害を発現することがある。この点で最も問題となるのはトリアジン系(シメトリン、ジメタメトリン、プロメトリン)であり、散布後最高気温が30℃を越すような条件では著しい薬害を発現することがある。しかし、シメトリンでは水稻の生育程度によって高温条件で

の薬害が著しく異なり、通常の土壌では5～6葉期以降の処理では薬害が発現しない。トリアジン系のはかに高温条件で薬害が問題となる除草剤としては、ブタクロール、深水条件でのディフェニルエーテル系などがあげられる。

一方、低温条件で薬害が問題となる除草剤としてはフェノキシ系(2,4PA, MCPなど)があげられる。フェノキシ系は高温条件でも生育抑制がみられるが、形態的異常を伴うことがないので、回復が良好な場合が多い。しかし低温条件ではフェノキシ系特有の筒状葉(葉身が完全な筒状となり、その後の葉の抽出が不可能になり無効となる)が発現する。この筒状葉の発現する低温の程度は、2,4PAよりMCPで低い。現在茎葉兼土壌処理剤としてMCPBを有効成分とするものが多いが、このMCPBは散布後水稻の生育がほとんど停滞するような低温条件で筒状葉が発現する。

降水量は直接的に薬害に影響することはないが、多量な降雨に伴う深水がディフェニルエーテル系の葉鞘褐変を助長することがある。

以上のように、気温を中心として気象条件は除草剤の薬害発現に大きくかわるものであり、使用水田での気象条件のなかで安全性の高い除草剤を選定することが必要である。そして気象条件については年次による変動が大きいので、過去における異常気象をも十分に考慮して選定を行なうことが大切である。

③ その他

現在的水稻作用除草剤ではかつてのPCPのように魚毒性が強いものはないが、一部には水田外への流出によって魚類に影響を及ぼすものがあるので、水田の周辺に養魚場がある場合には魚貝類毒性についても十分留意しての選定が必要である。また、特殊な地形の場所では、水

田に散布した茎葉兼土壌処理剤の有効成分が周辺の広葉作物に薬害を出すことがあるので、水田周辺の作物の作付状況を検討しての除草剤選定が必要である。

以上のほかに、低コストな雑草防除を行なうために、除草剤の価格も選定上の重要な事項である。いたずらに使用の便利さから高価格の除草剤を使用するのではなく、水田の条件に適応した除草剤のなかから、価格についても十分に検討して選定すべきである。

Ⅱ. 適確な使用法の実施

1. 耕 種 法

現在の除草剤利用技術は、現行の耕種法が適確に実施されていることを前提として成立しているものである。耕種法について除草剤利用との関連で重要な点をあげるとつぎのとおりである。

- 耕起・代かきを丁寧に行ない、代かき前に発生している雑草の再生を防止するとともに、田面を均平にして漏水を少なくする。

現在の除草剤では、代かき前に生育しているノビエ・ミズガヤツリ・セリなどの再生に対しては除草効果が期待できないものも多いので、これらの雑草が生育している場合には入水直前の耕起と浅水条件での代かきとの組合せによって再生を防止する。

- 水稻の移植は健苗を用いて所定の植付深度で正確に行なう。

植付深度の変異が大きい場合には、浅植では地下部吸収によって薬害のである除草剤での薬害が問題になり、一方深植では地上部の水没割合が高くなり、葉鞘褐変型の薬害を助長する。苗質の不良は除草剤の感受性を増大し薬害発生の原因となる。

- 水田はつねに湛水状態に保ち、雑草発生の斉一化をはかる。

2. 散 布

除草剤散布にあたっての基本は、適期に適量を均一散布することである。除草剤はそれぞれの種類によって除草効果と水稻に及ぼす影響との両面から処理適期が決められている。そして、処理適期を外れての使用では、除草効果の低下や水稻への薬害が問題となるので、処理適期を守ることが必要である。とくに注意しなければならないことは、適期を遅れての多量使用がみられることであり、この場合には増量の効果がほとんど期待できないばかりでなく、水稻に薬害を出す危険性があるとともに、水田外への流出量を多くすることも考えられるので、絶対に行なってはならない。

散布量は通常粒剤では10 a当り 3 kgに設定されており、適期に均一散布を行なえば十分な除草効果をあげることができる。なお、体系処理での前処理剤では、雑草の少ない条件では減量することも可能である。

均一散布は除草効果の向上と薬害の防止のために最も重要なことである。具体的には風によって不均一散布となることが多いので、可能な限り強風下の使用をさけるとともに、風による粒剤分布の変動を考慮して散布する。

3. 水 管 理

水管理は除草効果に極めて大きな影響を及ぼすとともに、水田外への除草剤の流出にも関与するので、適正に行なうことが必要である。通常の粒剤の使用での水管理の原則は、散布前に水深3～5 cmとして水口と水尻を止める。均一散布を行なった後は減水によって土壌面が露出するようになった状態で水を入れて水深3～5

cmにする。このように水尻は除草剤散布前から絶対に開放しない止水灌漑を行なう。近年、労力事情などによって、つねに水を入れて、水尻から流出させるかけ流し灌漑が多くみられるが、このかけ流し灌漑は水田に散布した除草剤の有効成分が水とともに流出するために、除草効果が低下するばかりでなく、水田外への除草剤の流出量を多くし、環境保全上の問題となるので絶対に行なってはならない。用排水路の整備が完全でなく、慣行的にかけ流しを行なっている場所でも、除草剤散布直前から除草剤の田面水中の濃度が低下するまでの期間(約1週間)については水尻からの流出を絶対に行なわないようにする。なお、移植前処理についても原則的には同一であり、移植4日前までに処理をして、その後は落水を行なわないようにする。

む す び

除草剤は現在水稲作を行なう上で必須な資材となっており、かわりうる有効な雑草防除法がないのが現状である。しかし、もともと除草剤は生態系にない物質であり、環境保全の原則からみると、可能な限り使用量を減少するとともに、水田外への流出を可能な限り少なくすることが必要である。このことは、水稲作で現在大きな問題となっている低コスト化にもつながることである。本稿では除草剤の適正使用について雑草生態の知見を基本として原則的な点を述べたが、今後はここに述べた点を参考にして、各地域での検討が進められ、より適正な除草剤利用技術が確立されて、省力低コスト化と環境保全に役立てば幸いである。

主 要 参 考 文 献

- 1) 千坂・伊藤・児嶋・古谷・片岡・宮原：雑草研究 30(別号) 133~134(1985).
- 2) 伊藤・宮原：雑草研究 29(別号) 91~92(1984).
- 3) 宮原・高林：雑草研究 29(別号) 15~16(1982).
- 4) 宮原・高林：雑草研究 29(別号) 31~32(1982).
- 5) 宮原・伊藤・児嶋・渡辺・渡辺：雑草研究 30(別号) 151~153(1985).
- 6) 佐合・大西・上園・井貝・浜田：雑草研究 28(別号) 161~162(1983).

熊本県における 湛水土壤中直播栽培について

熊本県農政部農産課 坂井定義

1. は じ め に

米をめぐる内外の厳しい情勢の中であって、消費者の良質米志向が急速に進み、『うまい米』

をめぐる産地間競争が激化してきている。一方では、近年の連続不作等の影響もあり、総合的な食糧自給力の維持強化を基本とした生産性の