

新規水稻用除草剤

テニクロール (NSK-850) の作用特性

徳山曹達株式会社 須山 敏 尚

1. は じ め に

テニクロール (試験名: NSK-850) は、1983年徳山曹達株式会社においてはじめて合成された新規の水稻用除草剤である。テニクロールは水田のタイヌビエを中心とした一年生雑草、マツバイ等にすぐれた活性を示し、その化学構造はクロロアセトアニリド系に分類される。

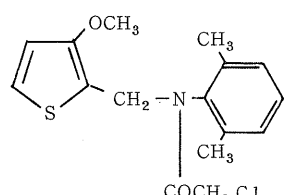
筆者らは1980年に除草剤の創製研究を、当時の宇都宮大学の竹松哲夫教授と共同で開始した。その過程において、クロロアセトアニリド系除草剤のすぐれた除草活性と作物に対する安全性に着目し、クロロアセチル基を有する多数の化合物を合成し、その除草活性を検定した。その結果、新規化合物である2-クロロ-N-(3-メトキシ-2-テニル)-2',6'-ジメチルアセトアニリド〔テニクロール (Thenylchlor)〕、試験番号: NSK-850〕が移植水稻の生長を阻害することなく、タイヌビエをはじめとする多くの水田雑草に対して高い除草活性を示すことを見出した。

その後社内試験、委託試験を通じて各種の試験検討を行い、さらに、種々の毒性試験及び代謝試験の結果、テニクロールが極めて安全な化合物であることが判明し、単剤をはじめとして各種混合剤計5剤の除草剤が、平成5年4月28日付で農薬登録となった。

ここでは、おもにテニクロールの作用特性

と水稻用除草剤としての適用性を中心とし、さらに田面水の消長及び代謝パターン等について紹介したい。なお、テニクロールについては、選抜の経緯、構造活性相関、作用特性等既にいくつかの報告があるのでそれらも参考にさせていただきたい^{1)~4)}。

表1 テニクロールの物理化学的性状

試験名	NSK-850
一般名	テニクロール (Thenylchlor)
商品名	アルハープ®
化学名	2-クロロ-N-(3-メトキシ-2-テニル)-2',6'-ジメチルアセトアニリド
構造式	
分子式	C ₁₆ H ₁₈ ClNO ₂ S
分子量	323.8
外観	白色固体
比重	1.19 (25℃)
融点	72~74℃
蒸気圧	2.8×10 ⁻⁵ Pa (25℃)
水溶解度	11 ppm (20℃)
分配系数	log Po/w=3.53 (25℃)

2. 物理化学的性状

表1に示す通りテニクロールの化学構造はクロルアセトアニリド系に分類される。既存の水稻用除草剤で同様の系統に分類されるものとしてはブタクロール、プレチラクロールがあり、また畑作用除草剤としてはアラクロール、メトラクロール等がある。これらの化合物は分子内にアルコシアルキル基を有するものがほとんどであるが、テニクロールはこれらの化合物とは異なり、分子内に2-チエニルメチル基（テニル基）を有するのが特徴となっている。

テニクロールは分子量323.8、純品は72～74℃の融点を持つ白色の固体であり、20℃で11ppmの水溶解度を示す。テニクロールは、原体が固体であり水に難溶性で、かつ水中で安定な性状を有しているため、フロアブル（水性懸濁剤）の製剤化が容易である。現在他の有効成分と混合し種々のフロアブルについて鋭意検討中である。

3. 安 全 性

テニクロールの急性毒性については表2に示す通りである。

表2 テニクロールの急性毒性（原体）

供試動物	投与方法	LD ₅₀ (mg/kg)
ラット(♂♀)	経口 経皮	>5,000 >2,000
マウス(♂♀)	経口 経皮	>5,000 >2,000
ウズラ	経口	>2,000
ミミズ	—	>1,000

テニクロールは哺乳動物に対する急性毒性が極めて弱く、また、慢性毒性試験、発がん性試験、繁殖性試験、催奇形性試験、変異原性試

験等の各試験を行った結果、極めて安全な化合物であることが確認されている。

魚毒性については従来のクロルアセトアニリド系化合物と同様にB類に分類されるが、水田への散布薬量がa当たり2.7g以下と従来のものに比較して非常に低く、しかも水田に散布されたテニクロールの田面水中での濃度は比較的すみやかに減少するため、実際の使用場面では魚介類に対して影響はないものと考えられる。実際、コイに対する亜急性毒性試験においても何ら異常が認められていない。

以上のようにテニクロールは諸生物に対する毒性が極めて低いこと、水田に散布された場合、生物的要因（植物、微生物、水生生物等）及び非生物的要因（光、水、土壤等）により分解され長期に残留しないことから、種々の面で環境に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

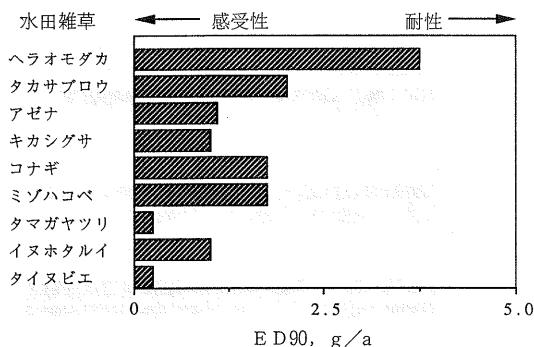
4. 作 用 特 性

(1) 殺草症状と作用機構

テニクロールは、主に雑草の幼芽部及び幼根部より吸収され、タンパク質合成阻害により細胞分裂を抑え、その結果雑草の生育を抑制し枯殺すると推定される。その作用は雑草の発芽時期に最も強く現われる。発生後間もない幼弱な雑草の茎葉部からもごくわずかに吸収されるが、生育期雑草の茎葉部からはほとんど吸収されない。

(2) 殺草スペクトラム

テニクロールの水田雑草に対する殺草スペクトラムを調査した結果を図1に示す。テニクロールは通常a当たり2.0～2.7gで使用されるが、この薬量の範囲でタイヌビエ及びタマガヤツリに対して最も高い活性を示し、またミゾハコベ、コナギ及びタカサブロウを含めた一年



ED90: 茎葉乾物重を90%減少させる薬量 (ga. i./a)

図1 テニクロールの発芽前湛水処理における殺草スペクトラム¹⁾

生広葉雑草にも活性が高い。しかしながら、ヘラオモダカについてはやや活性が落ちることが判っている¹⁾。

(3) 水中での拡散性

テニクロール粒剤及びフロアブルを、温室 内木枠で作った長さ15m、幅15cmのモデル試験枠の一端に処理し、テニクロールの拡散性を調査した結果を図2に示した。本試験ではフロアブルについて風等の影響を受けない温室内

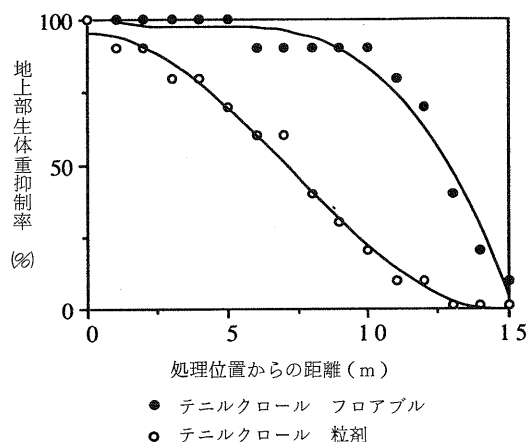


図2 テニクロールの水中拡散性⁵⁾

長さ15m、幅15cm、高さ12cmの木枠に代かき状態の水田土壌を2cmの深さに入れ、1mごとにタイヌビエ種子を土壌中に混入した後、10cmの湛水とした。翌日、テニクロール25 ga. i./10aとなるよう木枠の一端に処理し、処理20日後にタイヌビエの生体重を測定した。

の条件でも、10メートル以上拡散することが認められた⁵⁾。

このようにテニクロールは水中での拡散性に優れており、またその物理化学的性状および有効成分量が少ないことから種々の製剤化が可能であり、フロアブル、ジャンボ剤の開発も鋭意検討中で、散布の省力化に寄与できる化合物として期待される。

(4) 処理時期と除草活性

タイヌビエに対するテニクロールの除草活性を処理時期別に検定した結果を図3に示す。テニクロールの除草活性は発生前～発生始めの処理で最も高く、1葉期、2葉期と生育が進むにつれ徐々に低下し、3葉期以降の処理で急激に低下することが判っている。また、テニクロール0.9%粒剤を用いてタイヌビエの1.5葉期、2葉期、2.5葉期に処理した場合、2葉

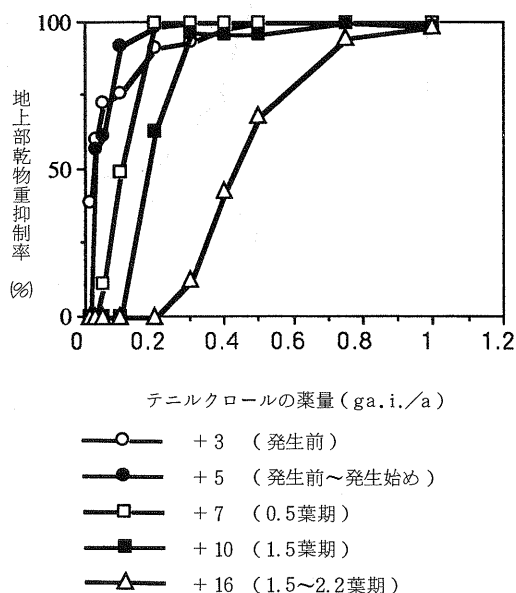


図3 テニクロールのタイヌビエに対する処理時期別活性

試験規模: 温室内ポット (内径11.3cm)

供試薬剤: テニクロール10%水和剤

土 壌: 沖積埴土

調 査: 薬剤処理30日後に地上部乾物重測定

期までのタイヌビエは完全に枯殺し、2.5葉期のタイヌビエについては一部残存する結果が得られている。これらの試験結果から、テニクロールの2.0~2.7 g/aの薬量による実用場面での処理適期はタイヌビエの出芽前から2葉期までであると考えられる。

(5) 残効性

テニクロールのタイヌビエに対する残効性について試験した結果を図4に示す。50日前、40日前、……、4日前にテニクロールを処理したポットにタイヌビエを播種し、10日後にその草丈抑制率を調べたものであるが、この結果によりテニクロールの残効性は25日程度であると思われる。

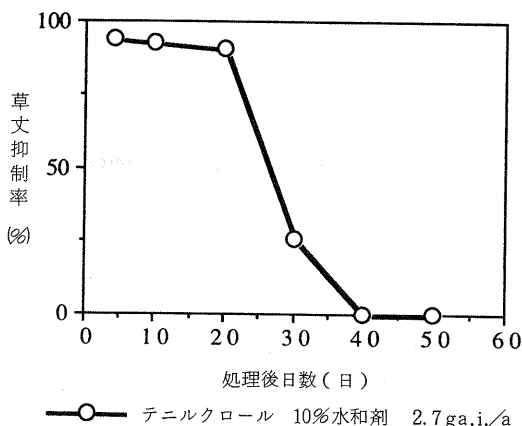
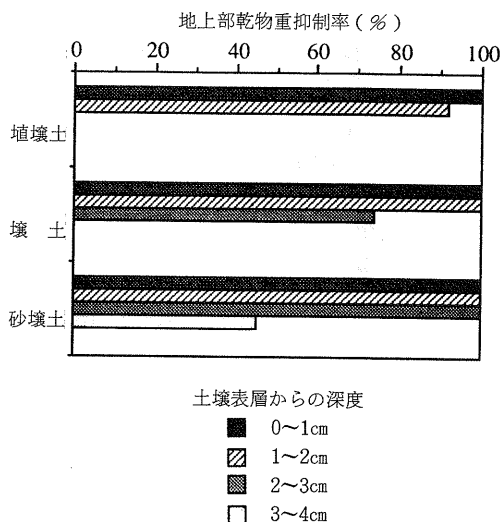


図4 テニクロールのタイヌビエに対する残効性

試験規模: 温室内ポット (内径9.0 cm)
 薬剤処理: タイヌビエ播種4, 10, 20, 30, 39, 50日前
 土 壤: 沖積埴壌土
 調 査: タイヌビエ播種14日後に地上部草丈測定

(6) 土壤中移動性

土壤中におけるテニクロールの移動性をタイヌビエを用いた生物検定で調査した結果を示したものが図5である³⁾。テニクロールの土壤中移動性は、粘土含量及び有機物含量の多い土壤ほど小さいことが認められた。このことか



テニクロール10%水和剤 処理薬量10 g a.i./a

図5 テニクロールの土壤中における移動性³⁾

内径10cm, 高さ1cmの塩ビ製リングを10個連結した円筒カラム内に、各種土壤を充填し、薬剤を土壤表面に処理した。24時間後にカラムを倒立させ、処理面の下方からカラム全体に浸透するまで吸水させた。その後直ちにカラム内の土壤を1cmごとにシャベルで採土し、タイヌビエを用いて生物検定を行った。

ら、テニクロールは土壤のごく表層に吸着され、処理層を形成し、根系が処理層よりも下方に位置する移植水稻には安全で、土壤表層近くから出芽する雑草には高い除草活性を発揮するものと考えられる。

(7) 湛水深及び温度による影響

テニクロールのタイヌビエに対する湛水深別の除草活性を調査した結果を図6に示す。タイヌビエに対する除草活性は、湛水深が1 cm程度と浅く、且つ葉令が進むと低下する傾向が見られた。このことからテニクロールについてタイヌビエの出芽前から2葉期まで安定した除草活性を得るためには、3~5 cmの通常の湛水深を保つことが重要であることが示唆された。

また温度による影響を調べるために、テニクロールの除草活性を、平均15℃の低温条件及び30℃の高温条件で試験した。その結果、両条

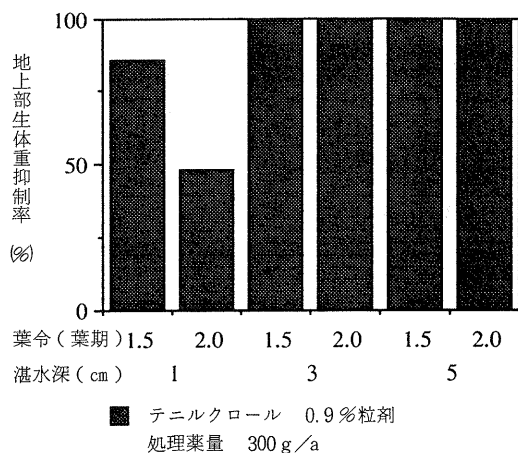


図6 テニルクロールのタイヌビエに及ぼす湛水深の影響

試験規模: 温室内ポット (内径 16.0 cm)

薬剤処理: タイヌビエ 1.5, 2.0 葉期

土 壤: 沖積埴壌土

調 査: 薬剤処理30日後に地上部生体重量測定

件での除草活性の差はほとんど認められずテニルクロールの除草活性に及ぼす温度の影響は小さいものと考えられる。

(8) 開発中の混合剤

テニルクロールは単剤としても使用できるが、タイヌビエに対して高い活性を示すすぐれた性質に着目し、混合母剤として現在各種混合剤についての開発を進めている。表3は平成5年4

表3 農薬登録となったテニルクロール関連剤

試 験 名	商 品 名	有効成分及び含有率	散布薬量	区 分
NSK-850 粒剤	アルハープ粒剤	テニルクロール 0.9%	300g/a	移植後土壌処理剤
SL-970 フロアブル	ワンベストフロアブル	テニルクロール 2% ピラゾキシフェン 15% プロモブチド 10%	100ml/a	初期一発処理剤
NSK-850 D 粒剤	クサメッツ粒剤 25	テニルクロール 0.9% ペンシルフロンメチル 0.25%	300g/a	初期一発処理剤
NSK-850 D① 粒剤	クサメッツ粒剤 17	テニルクロール 0.9% ペンシルフロンメチル 0.17%	300g/a	初期一発処理剤
NSK-850 粒剤	プレカット粒剤	テニルクロール 0.65% ビフェノックス 4%	300g/a	移植後土壌処理剤

月に農薬登録となったテニルクロールを含む除草剤を示したものである。

5. 水稻に対する安全性

(1) 移植深度と安全性

移植深度を1 cm, 及び3 cm と変えた場合の移植水稻の生長に及ぼすテニルクロールの影響

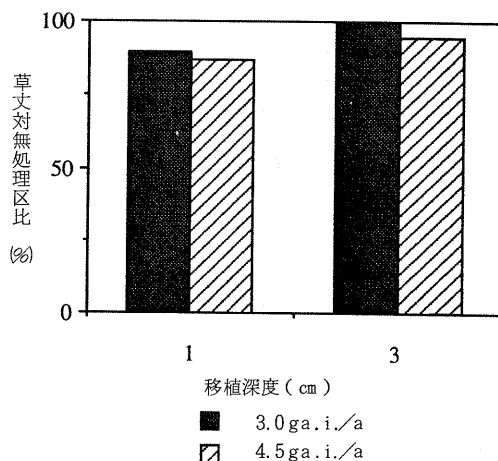


図7 テニルクロールの水稻移植深度に及ぼす影響

試験規模: 温室内バット (16.6 cm × 24.0 cm)

移植水稻: コシヒカリ 2 葉期

供試薬剤: テニルクロール10%水和剤

薬剤処理: 水稻移植1日後

土 壤: 沖積埴壌土

調 査: 薬剤処理30日後に草丈測定

を調査した結果を図7に示す。テニルクロールは、極端な浅植になった場合や、移植後の土の戻りが不十分で根が湛水中に露出している場合等の条件下では、水稻の根から薬剤が吸収されるとみられるため初期の生育抑制を生じることがあることが示唆された。しかし通常の移植深度で栽培される場合、水稻に対する安全性は高いと考えられる。

(2) 減水深による影響

テニルクロールの土壌移行性は小さく、通常の条件では土壌の表層付近に吸着されるため水稻に対して安全であるが、漏水が大きい条件（減水深2cm/日以上）、薬剤の吸着力が弱い土壌（砂質土壌等）では初期の生育抑制を生じる場合がある。

(3) 湛水深による影響

湛水深を1~7cmまで変化させた場合のテニルクロールの水稻の生長に及ぼす影響を調査した結果、テニルクロールは深水状態で処理しても水稻の生長に影響がなく、部分的に高低差のある圃場でも安全に使用できる除草剤であると考えられる。

その他、テニルクロールの軟弱徒長苗に対する薬害を調査したが影響は特に認められていない。

またテニルクロールの2次薬害を調査するために、テニルクロールを施用した稲を水田土壌にすき込み、移植水稻への影響を調べたところ、無施用の稲をすき込んだものと差がなかった。このことから、テニルクロールを施用した稲に起因する次年度水稻への影響はないと考えられる。

6. 周辺作物・後作物に対する影響

(1) ドリフトによる影響

テニルクロールの0.9%粒剤を用いて、水田での処理を想定したトンネル試験⁶⁾でテニルク

ロールの揮散によるキュウリへの影響を調べたところ、まったく異常は認められなかった。このことからテニルクロールの揮散による周辺作物への影響はないと考えられる。

(2) 後作物に対する影響

テニルクロール0.9%粒剤処理70日後の水田土壌を用いて、キュウリ、トマト、ダイコン、ハクサイ、ダイズ、コムギ等を育成したところ、いずれの作物にも異常は認められず、テニルクロールの処理による後作物に対する影響はないと考えられる。

7. 環境に及ぼす影響

テニルクロールの環境に及ぼす影響を調査するために、土壌吸着試験、加水分解試験、水中光分解性試験、田面水消長試験、水中からの揮散試験、代謝パターン等種々の試験を実施した。

これらの試験結果の中から、テニルクロールの田面水中における濃度の経時変化を、鉍質土壌及び火山灰土壌を充実したモデル水田（ライシメーター）で、粒剤を用いて試験した結果を図8に示す。粒剤以外にフロアブルでも同様の試験を行っており、分析結果をもとにして算出したテニルクロールの田面水中での推定半減期

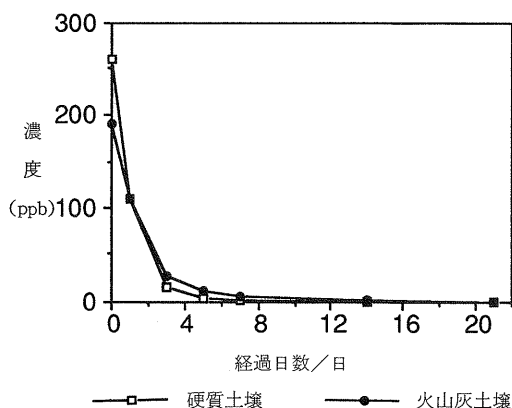


図8 テニルクロールの田面水中における濃度の経時変化（粒剤）

は、用いた剤型及び土壌にかかわらず1日以内であることが明らかとなっている。

これらの試験結果から、テニクロールは水田に投下された後すみやかに土壌に吸着し、その後生物的要因、及び非生物的要因により徐々に分解され、種々の面で環境に及ぼす影響は小さいと考えられる。

8. 代謝パターン

テニクロールのラットにおける代謝試験では、投与放射能のほとんどが48時間以内に糞と尿に排泄された。

イネ幼苗における代謝試験では、テニクロ

ールはすみやかに水溶性代謝物に変換されることが推定され、代謝物のほとんどは経時的に減少する傾向を示した。またイネ成体における代謝試験でも、玄米中における代謝物の量は極めて少なく、さらに、同定された数種のイネの代謝物についての毒性も問題のないものであった。

土壌における分解試験では、土壌の種類が異なっても代謝分解経路に違いは認められず、テニクロールは経時的に速やかに減少し、添加1～3週間で半減することが確認された。また炭酸ガスは添加直後から放出され、24週間後では3～10%に達し、単位時間当たりの放出量は増加する傾向がみられたことから、水田に散布

されたテニクロールはすべて、終局的には炭酸ガスにまで分解するものと推定された⁷⁾。

図9はこれらの結果をまとめたテニクロールの代謝分解経路図である。

9. おわりに

以上、テニクロールについて作用特性を中心に述べてきたが、さらにこれまで得られている知見として、テニクロールは土壌表層付近より発生するミズガヤツリやクログワイにも抑制作用を示すことが確認されている¹⁾。また、他の除草剤との混合により除草活性に対する共力作用や、移植水稻に対する薬害軽減作用⁸⁾、あるいは移植深度や

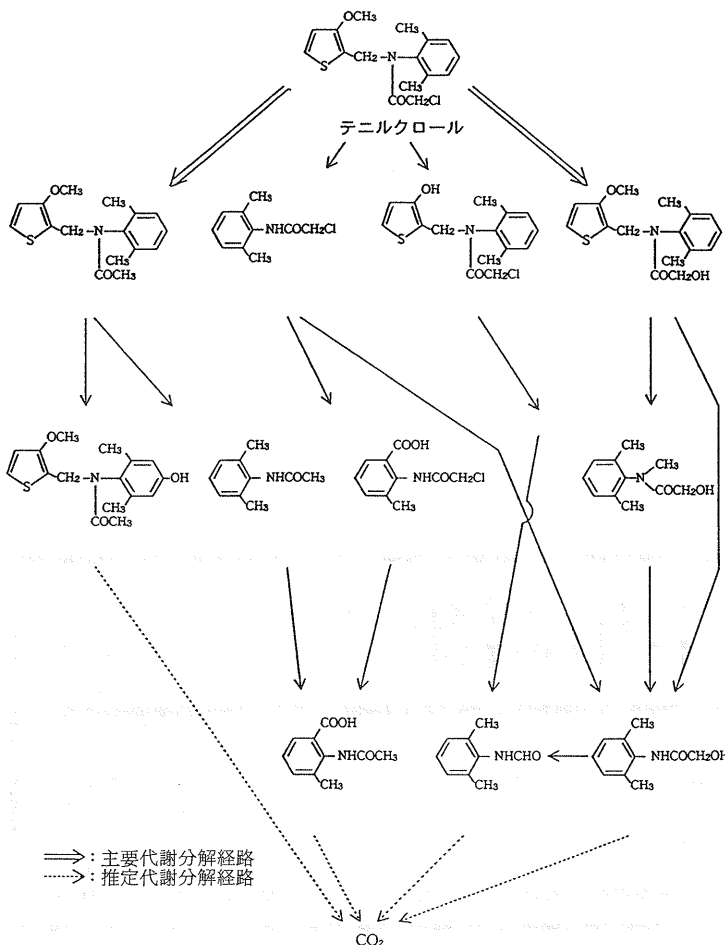


図9 テニクロールの代謝分解経路図

湛水深を適正な深さに保つことにより安全性がさらに増大することも判明している⁹⁾。しかしながらこれまで行ってきた試験はまだごく一部であり、今後さらにテニルクロールの除草活性や安全性に関する理解を深めるためにも、その作用機構を明らかにしていくことが重要な課題であろう。

テニルクロールは、特にタイヌビエに対するすぐれた除草活性と、移植水稻に対する安全性、各種の毒性試験、及び代謝試験から明らかになった人畜に対する高い安全性から、環境に及ぼす影響の小さい水稻用除草剤として今後の適用の範囲を拡大してゆくことが期待される。さらにテニルクロールの特徴として、水中の拡散性にすぐれ、有効成分量が少なく、またその物理化学的性状から種々の製剤化が可能であることが挙げられる。現在テニルクロールを含むフロアブル及びジャンボ剤を鋭意開発中であり、今後散布の省力化に寄与できる除草剤として期待される。

テニルクロールは現在やっと農薬登録された段階であり、まだ製品としては未知数である。

日本植物調節剤研究協会をはじめ、国公立の試験場の先生方、メーカーの方々からのご指導とご助言を賜りつつテニルクロールの普及を通して、水田除草に貢献するべく努力してゆきたい。

参 考 文 献

- 1) 小笠原勝, 植物の化学調節, **27**, 212 (1993).
- 2) 小笠原勝, 近内誠登, 竹松哲夫, 加藤祥三, 石崎雅彦, 雑草研究, **34**, 131 (1989).
- 3) 小笠原勝, 近内誠登, 竹松哲夫, 加藤祥三, 石崎雅彦, 雑草研究, **34**, 138 (1989).
- 4) Ogasawara, M., M. Konnai, T. Takematsu, S. Kato and M. Ishizaki, Asian-Pacific Weed Science Society, Twelfth Conference, 1989.
- 5) 竹内 崇, 一前宣正, 米山弘一, 重川弘宜, 近内誠登, 雑草研究, **37**, 別巻1, 80 (1992).
- 6) 細辻豊二編集, 最新農薬生物検定法, P. 796.
- 7) 日本農薬学会第17回大会(1992年)講演要旨集, P. 128.
- 8) Ogasawara, M., S. Ogawa, Y. Takeuchi and M. Konnai, 雑草研究, **36**, 294 (1991).
- 9) 小笠原勝, 石川公広, 近内誠登, 雑草研究, **35**, 102 (1990).

新刊

改訂 雑草学用語集

日本雑草学会／編集・発行
B5判 234頁 定価7,210円(税込)

雑草を研究する上で必須の文献として高い評価を受けてきた旧版を大幅に改訂。雑草学研究に必要な用語はこれ1冊でこと足りるようという編集方針のもとに、第I編 学術用語編では現時点で必要な用語、解説用語を新たに選び直した。さらに第II編 雑草名編では新たに100種を追加し、第III編 除草剤名編では新たな薬剤も加え、わが国で登録されたことのある薬剤すべてを網羅した。

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6(植調会館) 電話/03-3833-1821 FAX/03-3833-1665

呈内容見本