

アメリカにおける雑草防除の現状と動向(2)

宇都宮大学雑草防除研究施設 竹内安智

3. 主要作物の雑草防除

(2) ダ イ ズ

(f) 有機物含量の大きい土壌での雑草防除

有機物含量が5%以上の畑ではalachlor, metolachlor, metribuzinやdimethazonなどの土壌吸着性の弱い土壌処理剤が使用され、生育期には通常の茎葉処理剤が使用される。一般的には、有機物含量の大きい土壌では前項の生育期の全雑草防除が推奨されている。

(g) 難防除雑草対策

① セイバンモロコシ

a. 前年の秋か冬、または早春に4～6週間間隔で数回、畑を耕耘し、春にtrifluralinの通常使用量の2倍量を土壌表層4～6インチに混和する。この処理を2回くり返し、3年目にtrifluralinに耐性であるワタか、ダイズが栽培される。

b. DNA系除草剤とvernolateが混合されて、土壌混和され、ダイズが栽培される。翌年にチオールカーバメイト系のbutylateかEPTCが土壌混和されて、トウモロコシが栽培される。さらにその秋～冬に耕耘される。

c. 前年の秋にトウモロコシの収穫後、セイバンモロコシの穂ばらみから出穂期にglyphosateが散布される。翌春にDNA系除草剤が土壌混和され、ダイズが栽培される。あるいは、冬期に畑を耕耘しないでおき、春にglyphosateが使われ、その後DNA系除草剤が使用される。

d. ダイズの生育期にsethoxydim, fluazifop, fenoxapropやquizalofopなどをセイバンモロコシに散布すれば、ダイズに葉害がなく、セイバンモロコシの地下茎を85%減少させることができる。この後さらに、冬期に耕耘される。

② ギョウギンバ

a. 前年の秋にトウモロコシの収穫後、glyphosateが茎葉処理され、冬期に数回、耕耘される。翌春、ダイズの作付前にtrifluralin + vernolateが土壌混和される。その後もセイバンモロコシの発生がみられるときは、中耕される。春にglyphosateが処理され、その後前記の土壌混和処理剤が使用される場合はダイズの作付が遅れる。

b. ダイズの生育期にsethoxydim, fluazifopやquizalofopが1～2回茎葉処理され、さらに冬期に耕耘される。

③ ハ マ ス ゲ 類

前年の秋に畑をよく観察し、キハマスゲかハマスゲかを確認しておく。キハマスゲはvernolateかmetolachlor、またはmetolachlor + metribuzinの土壌混和処理により防除される。生育期に残存株がある場合、bentazonかchlorimuronが茎葉処理されるか、中耕される。キハマスゲの生育は遮光により衰えるので、ダイズの茎葉が十分に繁茂してしまえば問題はない。

④ 広 葉 雑 草

エビスグサの生育は遮光により著しく不良になるので、うね間を狭くしてダイズの茎葉で早くから被うのがよい。Metribuzinやmetribuzin + trifluralin, metribuzin + chlorimuronの土壌混和処理か土壌処理の後、生育期にchlorimuronやimazaquinが茎葉処理される。さらに、生育期にlinuron + 2,4-DBが直接処理されるか、耕耘される。

(h) ミニマムティルにおける雑草防除

本誌22巻9～10号に紹介したので省く。

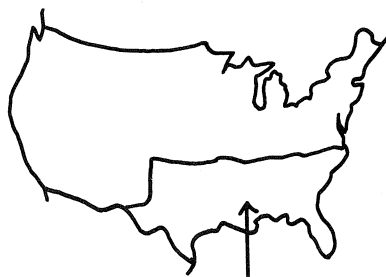
1987年にダイズ用に使用された土壌混和処理剤・土壌処理剤のうち、イネ科防除剤が4億1,000万ドル、広葉剤が3億7,000万ドルで、茎葉処理剤が2億6,000万ドルである。最近、imazaquinの伸びが著しく、chlorimuronやdimethazonの使用も増加している。また、lactofenとfomesafenも増加が見込まれている。この10年間で、ダイズ用除草剤の使用が10%以上増加した。最近開発された多くの新規剤は選択作用性を有し、しかも低薬量で卓効があるが、殺草スペクトルや土壌中の残留性などの点で問題を含んでいる。

(3) ワ タ

ワタの生育は初期6週間は遅く、しかも収穫

時に大型機械が入るために、40インチの広いうね間がとられるので雑草が繁茂し易い。雑草害を受けたワタは生育が遅れるので、秋に霜害を受け易い。また収穫された綿に雑草の茎葉などが混入すると品質が下がる。

ワタの栽培地域における主要雑草を図6に示した。これらの地域では長年、DNA系除草剤が使用されてきたので、これに耐性のアメリカキンゴジカ、ニシキアオイ類、イチビ、オオニシキソウ、オナモミやアサガオ類などが増加している。また、セイバンモロコシやハマスゲ類、アメリカツノクサネム、テキサスパニカムや野



アサガオ類、セイバンモロコシ、ハマスゲ類、ヒユ類、メヒシバ類、オオニシキソウ、パニカム類（キビ属）、オナモミ、メリケンニクキビ、アメリカキンゴジカ、コヒメビエ、レッドバイン、オヒシバ、ギョウギシバ、ニシキアオイ類、イヌホオズキ、ミルクウィード、ブタクサ、ハシカグサモドキ、ハズ属雑草、ヒマワリ、カゼクサ類、アメリカツノクサネム、イヌビエ、セイヨウヒルガオ、イチビ、ワルナスビ（発生の多い順）

図6. ワタの栽培地域における主要雑草

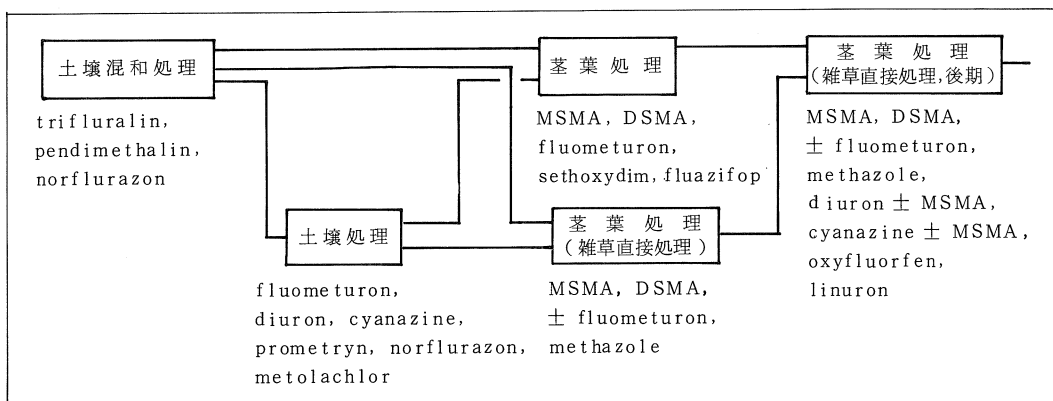


図7. ワタの除草体系

生ポインセチアも問題になりつつある。最近の除草体系を図7に示した。ワタの除草必要期間は6～9週間と長いので、除草剤が数回、使用される。多くの農家は土壌混和处理剤（主としてイネ科対象）と土壌処理剤（主として広葉防除剤）を使用し、さらに茎葉処理剤を1～数回

使用するので、除草剤の代金が30～40ドル／エーカーに達する。

(a) 土壌混和处理

ワタの播種、数週間前から直前にかけて trifluralin と pendimethalin が 2～3 インチの深さに混和される。これらは多くのイネ科雑

表 7. ワタ用除草剤の殺草スペクトル

(University of Arkansas)

雑 草 除 草 剤	イ メ メリ オ エ ギ セイ セイ オ ア ニ イ オ ア ヒ ス オ ブ タ シロ キ シ 一 レ 作 ス ヒ ケン ヒ ノ ョ バン モロコシ セイバン モロコシ (塊茎) オ メリ カ キ ア ニ イ オ ア ヒ ス オ ブ タ シロ バ ナ チ ョ ウ セン ア サ ガ オ キ ハ マ ロ ャ ッ リ グ サ 年 生 カ ャ ッ リ グ サ ッ ド の 物 ビ シ ク シ グ シ (種子) キ ビ カ 類 ビ ミ 類 類 ユ ウ サ 類 オ ゲ ザ サ 性																									
土壌混和处理																										
trifluralin, pendimethalin	9	9	9	9	9	0	9	3	9	0	0	2	0	2	9	9	2	3	2	3	0	8	3	0	G	
trifluralin+fluometuron	9	9	9	9	9	0	9	3	9	7	6	5	7	7	9	9	3	9	7	7	0	9	9	0	G	
norflurazon	9	9	9	9	9	0	8	0	9	9	9	7	5	6	9	9	7	8	6	7	4	9	9	0	G	
trifluralin+pendimethalin + $\frac{1}{2}$ norflurazon→fluometuron	9	9	9	9	9	0	9	3	9	9	9	7	8	9	9	9	7	9	7	7	4	9	9	0	G	
土 壌 処 理																										
fluometuron	7	9	8	8	8	0	7	0	8	8	7	5	8	8	9	9	6	9	7	7	0	9	9	0	G	
diuron	7	9	8	8	8	0	7	0	8	7	6	5	7	8	9	9	6	8	7	6	0	9	9	0	G	
norflurazon	8	8	8	8	8	0	7	0	8	8	9	7	4	5	9	9	7	8	6	7	4	9	9	0	G	
cyanazine+norflurazon	7	8	8	6	8	0	7	0	7	9	9	7	6	7	9	9	9	7	7	3	9	9	0	G		
metolachlor+norflurazon	9	9	9	9	9	0	8	0	9	8	7	5	8	8	9	9	8	9	7	7	0	9	9	0	G	
茎 葉 処 理																										
fluometuron	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	F
sethoxydim	8.5	9	9.5	9	8.5	7	9	9.5	9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	G	
fluzazifop	8	7.5	8	9	8	9	9	9.5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	G	
茎 葉 処 理 (雑草直接処理)																										
fluometuron+MSMA	8	9	8	7	8	0	8	6	9	7	7	6	9	8	9	6	5	8	8	9	6	6	8	0	G	
methazole+MSMA	8	9	8	7	8	0	8	6	9	8	8	8	9	8	9	—	8	8	8	9	6	6	8	0	G	
diuron+MSMA	9	9	9	9	9	0	9	6	9	8	6	6	9	8	9	8	5	8	7	9	6	6	8	0	G	
prometryn+MSMA	9	8	9	9	9	0	9	6	9	8	7	6	9	8	9	8	5	8	7	9	6	6	8	0	G	
DSMA+MSMA	8	8	8	5	8	0	8	6	8	2	1	1	9	3	3	3	0	5	2	5	6	5	6	0	G	
cyanazine	8	9	8	8	8	0	6	2	8	8	7	7	8	8	9	8	8	8	7	9	2	9	8	0	G	
cyanazine+MSMA	9	9	9	9	9	0	9	6	9	9	7	7	9	9	9	8	8	9	7	9	6	9	8	0	G	
linuron	7	8	7	7	7	0	7	0	7	8	7	7	7	8	9	9	7	8	7	7	2	9	7	0	G	
oxyfluorfen	4	4	4	4	4	0	4	2	4	8	—	8	8	9	9	9	7	9	9	9	2	9	2	2	G	

注) 10: 100%防除, ~0: 0%防除, 作物の耐性: G=大, F=中.

草に卓効があり、数種類の広葉雑草にも有効である。ワタに対する薬害は大差ないが、pendimethalinの方が若干小さい。norflurazonは土壌混和処理剤として使用されるが、土壌処理剤としても利用される。また、土壌混和処理と土壌処理に半量ずつ分割して処理される場合もある。除草効果の発現に十分な土壌水分が必要であり、乾燥する場合には土壌混和される。norflurazonはテキサスパニカムを除くすべての一年生イネ科雑草とアオイ科雑草（アメリカキンゴジカとニシキアオイ類）に卓効があり、キハマスゲとハマスゲの生育も抑制するが、trifluralinやpendimethalinよりも高価なため、これらの雑草が多発するところでのみ使用される。Norflurazonは土壌中に残り易く、翌年ワタ・ダイズ・ラッカセイ以外の作物は栽培できない。

(b) 土 壌 処 理

Norflurazonが土壌処理されたところはワタの種子が少なくとも $\frac{1}{2}$ インチよりも深く播種される。Fluometuronはエビスグサやオナモミに卓効がある。Pendimethalinの土壌処理による除草効果は土壌混和処理よりも小さい。Diuronは多種類の雑草に有効であるが、大粒種子をもつ雑草には効かない。有機磷系農薬と組み合わせるとワタに薬害を与える。土壌に残留し易いので、過量散布や砂質土壌での使用をさける。Prometrynは西部地区のみで使用されているが、fluometuronよりも効果が劣る。Cyanazineは限定された州のみで使用されているが、有機物含量が少なくとも1%以上の土壌で使用され、砂質土壌では使われない。

(c) 茎 葉 処 理

ワタの草丈が3～6インチで、第1本葉期の前に、DSMA、MSMAやfluometuronが

茎葉処理されるが、ワタの生育を遅らせるので2回以上散布されない。特にfluometuronの影響が大きい。Sethoxydimとfluazifopは一年生と多年生のイネ科雑草に有効で、ワタには無害である。Fluometuron + sethoxydim, fluometuron + fluazifopやDSMA (MSMA) + fluazifopの組み合わせでイネ科防除力が低下する。しかしDSMA (MSMA) + sethoxydimの組み合わせではイネ科防除力が低下しない。

ワタの草丈が3～6インチのとき、DSMA (MSMA), fluometuron, methazole, fluometuron + DSMA (MSMA)やmethazole + DSMA (MSMA)が2インチ以下の雑草に対して直接処理される。オナモミやハマスゲ類が主な対象ならば、DSMAかMSMAだけでよい。本処理は2回以上行われない。

ワタが6インチ以上の草丈に達すれば、多くの除草剤が薬害なく使用される。通常、土壌残留の恐れのない、cyanazine, cyanazine + MSMA, methazole + DSMA (MSMA), linuron, oxyfluorfenなどが使用されるが、開花期以降DSMAやMSMAは使用されない。Cyanazine, cyanazine + MSMAは3回まで散布できる。Linuronはワタの草丈が少なくとも8インチ以上に達してから使用される。Oxyfluorfenの処理で薬害が発生することもあるが、間もなく回復し、収量には影響がない。Diuron + DSMA, methazole + DSMA (MSMA)は開花期前、2回まで散布できる。この処理方法ではcyanazine + MSMAが最も安価で除草効果も大きい。

(d) 茎葉兼土壌処理（レーバイ処理）

生育後期に、ワタの品質に影響するような雑

草がある場合、あるいは収穫作業の支障になる雑草がある場合に、茎葉処理活性と土壤処理活性を有する linuron, cyanazine, fluometuron, diuron か prometryn がレーバイ処理される。通常、土壤残留の恐れがない linuron か cyanazine が使用される。レーバイ処理は最後の中耕の後で、しかもワタの茎葉がうね間の中央まで広がる前に行われる。除草剤はワタの茎葉に飛散・付着しないように散布される。

1987年にはアメリカで世界のワタ用除草剤の32%に相当する1億2,800万ドルが使用されたが、その内訳は土壤混和処理剤の trifluralin と pendimethalin が5,500万ドル、土壤処理剤の fluometuron や diuron などが2,500万ドル、茎葉処理剤の sethoxydim, fluazifop や glyphosate などが3,800万ドルとなっている。ワタ用の除草剤の価格は安い、今後もっと下げられるとみられている。

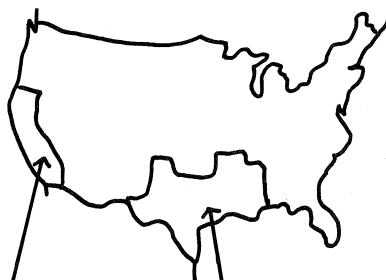
(4) イ ネ

(a) 乾 田 直 播

アメリカのイネの40%が栽培されているアーカンソー州では、その98%が乾田直播である。そして、「ダイズ2年－イネ1年」、あるいは「ダイズ1年－イネ1年」のように輪作されている。播種は平均気温が75°F（約24℃）の4月15日から5月15日の間に行われ、70%がドリル播きで、30%が散播である。品種は長粒の Newbonnet（55%）、Lemont（17%）と Tobonnet（13%）が多く、次いで中粒の Mars（11%）が多い。

アーカンソーでは除草剤、殺菌剤、殺虫剤の使用面積比率は100%、30%、4%となっており、雑草防除を除けば病害虫対策は容易である。アーカンソーにおけるイネ（乾田直播）の雑草

を図8に示した。アンケート調査によれば、農家が問題としている雑草はノビエ、アメリカツノクサネム、アサガオ類、アゼガヤ類、オナモミ、ホソバヒメミソハギ、アメリカコナギやタデ類などである。これらの雑草対策として、除草剤利用だけでなく、耕種的方法、雑草種子の混入していない精選種子の使用、機械的方法や生物的防除法も重要とされているが、除草剤が最も確実な効果をあげている。



カリフォルニア

南部

ノビエ・アゼガヤ類・タマガヤツリ・ヒメカンガレイ・ウキヤガラ・ヒデリコ類・マツバイ類・ウキアゼナ・アメリカコナギ・オモダカ類・サジオモダカ類・ホソバヒメミソハギ・イバラモ類	ノビエ・アメリカツノクサネム・アサガオ類・アゼガヤ類・オナモミ・ホソバヒメミソハギ・アメリカコナギ類・タデ類・タカサブロウ・野生イネ・メリケンニクキビ・オモダカ属雑草・ホタルイ属雑草
--	---

図8. イネ栽培地帯の主要雑草

アーカンソーの乾田直播における除草体系を図9に示した。播種直後は、土壤処理剤はほとんど使用されない。生育期でノビエの1～3葉期に propanil や propanil + thiobencarb（benthiocarb）、propanil + pendimethalin, propanil + acifluorfen, propanil + bentazoneなどの組合せが茎葉処理される。イネの4～6葉期に川の水か、地下水で湛水された後、molinate（粒剤）が散布される。生育中～後期には落水して、2,4-D, MCPA や Collego^R（微生物の孢子製剤）+ acifluorfen などが茎葉処理される。圃場耕起前に glypho-

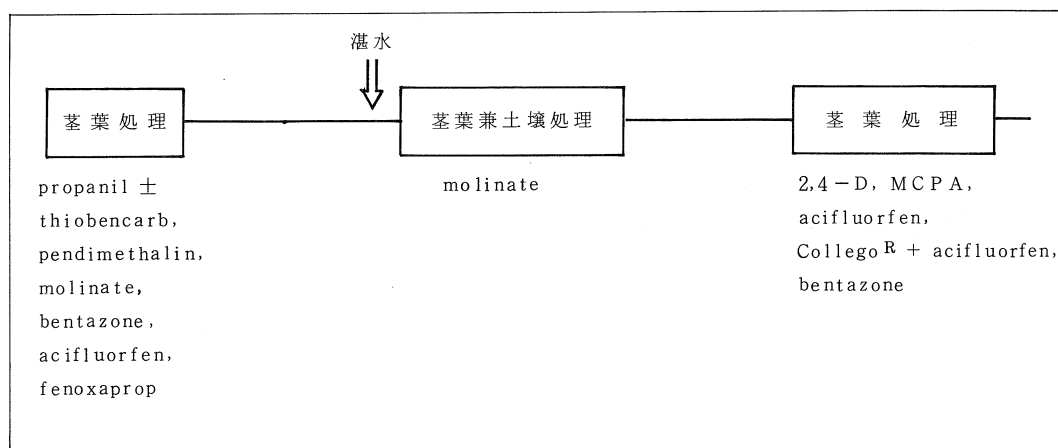


図9. イネ（乾田直播）の除草体系

sateが茎葉処理剤として使用されることもあるが、paraquatは登録されていない。

Red rice（野生稲，中粒系）にはノゲのあるもの（blackhall）とないもの（strawhall）の二系統がある。これの対策として，red riceを含まない精選種子の使用や輪作としてダイズを栽培しているときに茎葉処理型イネ科剤で防除することが奨められている。Red riceにはphenoxy系除草剤，pendimethalinやmolinateなどもある程度は有効である。難防除雑草のアメリカツノクサネムの生育期（20～60 cm）にCollego^Rとacifluorfenの組合せが使用されているが，Collego^Rの製剤中に含まれている植物病原菌の*Colletotrichum gloeosporoides*の病斑の発生に1週間位かかり，甚害に至るには2～3週間が必要である。

(b) 湛水直播

アメリカの稲作の20%を占めるカリフォルニアのイネ栽培は100%湛水直播である。4月中旬から5月中旬に圃場が耕起・整地され，5～10 cmの深さに湛水され，飛行機によりイネ粃が播種される。品種は中粒系が60%以上，短粒系が20%であり，長粒系は少ない。播種後，イネの根が土壌に深く伸長するまで5cm位の浅水

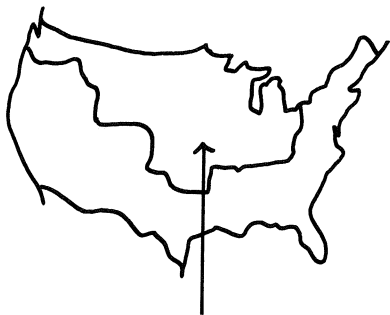
にされるが，5～6葉期以降15～20 cmの深水に管理される。

除草剤は，molinateが播種から5葉期までの間に処理され，thiobencarbはイネ2葉期，ノビエ2葉期頃に処理される。あるいは落水してprapanilが使用されるが，散布液が飛散して果樹に影響をおよぼすので地域が限定される。そのほか，bentazoneやMCPAも使用されている。

(5) コムギ

コムギも除草しなければ雑草害により収量が減り，収穫されたコムギの品質も低下する。雑草対策として雑草種子を含まない種子の使用や圃場のていねいな耕耘・整地，適正な施肥・播種時期・播種量などの耕種的要因が重要とされている。特に秋に播種時期が遅れると，年内にコムギが十分に生育できないので，その後雑草との競合に負けてしまう。

コムギ栽培地域における主要雑草を図10に示した。これらのなかでも，ソバカズラ，セイヨウヒルガオ，カラシナ類，ウマノチャヒキ類，エノコログサ類，ゴートグラス（goatgrass）や地域によりカナリーグラスやイタリアンライグラスなどが問題である。



野生エンバク、ウマノチャヒキ、カラスノチャヒキ、カナリーグラス、ゴートグラス (goatgrass)、シバムギ、イタリアンライグラス、野生ニンニク、野生タマネギ、野生カラシナ、セイヨウヒルガオ、セイヨウトゲアザミ、タイワンハチジョウナ、ソバカズラ、グンバイナズナ、ナガバギシギシ

図10. コムギ栽培地域における主要雑草

通常、ほとんどの場合、年内に除草剤は使用されない。春先き、気温が50°F (約10°C) 以上になった時、コムギが有効分げつを終了して草丈が4〜8インチの時期に、広葉雑草を対象に2,4-DかMCPAがdicambaと混合され、水またはN肥料と一緒に散布される。あるいは、コムギが生育初期の場合 (2葉期以降), bromoxynil がソバカズラ、カラシナ類などの広葉雑草に対して散布される。そのほか、カラスムギには播種前後に triallate, 生育期には diclofop, difenzoquat や barban などが使われる。野生ニンニクに使用される2,4-D, または2,4-D+dicamba は完全枯殺効果はないが、子球形成を阻害する。カンザス州などコムギ栽培の中心地で増加している、ゴートグラスはコムギと雑種ができるほど近縁であり、防除が難しい。冬コムギの栽培を中止して、春にオオムギを2〜3年栽培してから再び冬コムギを作るか、コムギの作付前に発芽したゴートグラスを glyphosate か paraquat で枯殺する方法しかない。地域的にライグラスが問題になっている。コムギの分げつ開始後でライグラ

スの2〜4葉期に、diclofop 処理により防除される。ウマノチャヒキ類には metribuzin が有効であるが、これに耐性のあるコムギは数品種しかない。

最近、コムギを対象に除草剤が作付面積の45%位しか使用されていない。その原因は秋に雑草害が少ないこと、また、コムギに使用できる選択性除草剤が少ないこともあげられる。1987年には6,500万ドルの除草剤が使用されたが、2,4-D, dicamba, MCPA, bromoxynil, triallate, difenzoquat や diclofop などが主なものであり、エーカー当りの除草剤代金は10ドル以下である。近年開発された sulfonyl-urea 系除草剤は多種類の広葉雑草と数種類のイネ科雑草にも効果がある。

(6) ラッカセイ

ラッカセイは初期生育が遅く、茎葉が広いうね間 (30〜38インチ) を容易に被わないので、草丈の高い雑草の被害を受けて収量が著しく減少する。さらに、収穫時の雑草は収穫作業の支障になる。

ラッカセイ栽培地域における主要雑草を図11に示した。最近テキサスパニカム、ジュズハ



オオクサキビ、メリケンニクキビ、メヒシバ類、オヒシバ、キンエノコロ、アメリカキンゴジカ、アサガオ類、ブタクサ、ヒユ類、シロザ、オナモミ、タデ類、ハズ属雑草、シロバナチョウセンアサガオ、ギョウギシバ、ハマスゲ類、ジョンソングラス

図11. ラッカセイ栽培地帯の主要雑草

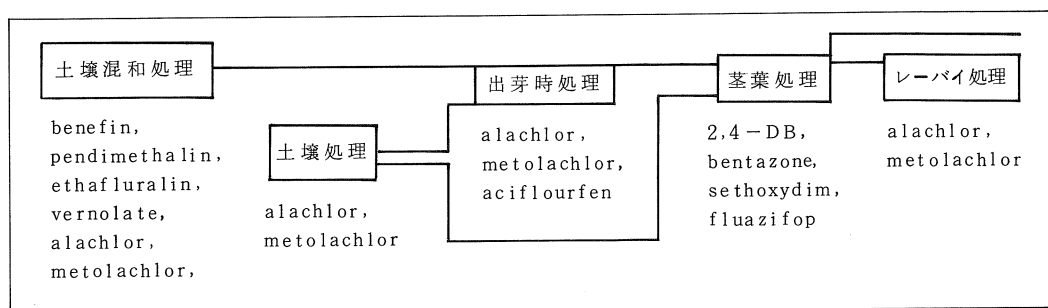


図12. ラッカセイの除草体系

ギ、ツユクサ、イチビやアオイ科雑草などが問題になっている。ラッカセイの除草必要期間は6～9週間以上と長い。中耕は作物を傷めるので、除草剤を中心にして除草される。しかし、長期間雑草発生を抑える薬剤(特に広葉防除剤)がないので、除草剤が数回使用され、その代金は55ドル/エーカーに達する。

最近の除草体系を図12に示した。

(a) 土壌混和处理, 土壌処理

土壌混和处理剤 (benefin, pendimetha-

lin, ethafluralin, vernolate, alachlor)と土壌処理剤 (alachlor, metolachlor) はいずれもイネ科雑草に卓効がある。これらのなかで vernolateはハマスゲとキハマスゲに有効であり, metolachlorはキハマスゲの生育を抑制する。しかし, いずれも広葉雑草防除力は劣る。残効性は benefin, pendimethalin, ethafluralinが最も長く, これに次ぎ, metolachlor 8～10週間, alachlor 6～8週間, vernolate 4～5週間である。

表 8. ラッカセイ用除草剤の殺草スペクトル

(York, NC State Univ.)

雑 草	メ	オ	エ	オ	テ	メ	キ	ハ	オ	ア	ヒ	シ	ブ	ア	ハ	タ	シ
除 草 剤	ヒ	ヒ	ノ	コ	サ	リ	ハ	マ	ナ	サ	ユ	ロ	タ	メ	ズ	デ	ウ
	シ	シ	グ	サ	キ	ケ	マ	ス	モ	ガ	オ	ク	ク	リ	属	雑	セン
	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ	バ
土壌混和处理・土壌処理																	
benefin	E	E	E	G	G	G	N	N	P	P	G	G	P	P	P	P	P
pendimethalin	E	E	E	G	G	G	N	N	P	P	G	G	P	P	P	P	P
ethafluralin	E	E	E	G	G	G	N	N	P	P	G	G	P	P	P	P	P
vernolate	E	E	E	G	P	P	G	G	P	P	G	G	P	P	P	P	P
alachlor	E	E	E	G	F	G	F	N	P	P	E	F	P	P	P	P	P
metolachlor	E	E	E	G	F	G	G	N	P	P	GE	F	P	P	P	P	P
茎 葉 処 理																	
bentazone	N	N	N	N	N	N	G	N	E	E	P	G	G	G	P	E	E
acifluorfen	N	N	P	P	N	N	N	N	G	E	E	G	E	P	E	G	E
Storm R	N	N	N	N	N	N	F	N	E	G	G	G	G	F	G	E	E
sethoxydim	G	G	E	E	E	E	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

注) G: 卓効あり, E: 効果大きい, F: 効果あり, P: 効果劣る, N: 無効。

(b) 出芽時 (At-cracking) 処理

Dinosebが長く使用されてきたが、最近、中止された。ラッカセイの出芽時で、小さな雑草が発生している時に、alachlor, metolachlor, acifluorfen, acifluorfen + bentazone, alachlor + acifluorfenや metolachlor + acifluorfenなどが処理される。

(c) 茎葉処理

広葉雑草を対象に 2,4-D B, bentazone, bentazone + acifluorfen, bentazone + 2,4-D B, acifluorfen + 2,4-D Bや Storm^Rなどが使用される。2,4-D Bはアサガオ類、オナモミに、bentazoneはオナモミ、イチビやキハマスゲに、acifluorfenはタデ、シロザ、オナモミやアサガオ類にそれぞれ卓効がある。イネ科雑草には sethoxydimと fluazifop が有効であるが、多年生には fluazifop の効果が大きい。

(d) レーバイ処理

播種 4～5 週間後に降雨があって雑草が発生する場合、最後の中耕の後（播種 6～8 週間後）に、うね間の中央部、18 インチ幅に alachlor か metolachlor が処理される。

4. 低コスト農業と雑草防除

アメリカでは農業不況が長く続き、農産物の価格が安く据置かれているので、少しでも生産コストを下げるための研究が各州で重要な課題となっている。耕起法、品種・播種方法、施肥方法、かん水方法、病害虫防除、雑草防除法や収穫についてまで、低コスト化するためのガイドラインが作成、または準備されている。

アーカンソー大学の Boldwin らはダイズの雑草害と雑草数の許容関係や除草剤の特性について詳しく調べ、効果的で安い除草体系をコン

ピューターにより検索するシステムを確立して農家の実用に役立てている。彼らはダイズの値段が 7 ドル／ブッシェルのときは、除草剤を 20 ドル／エーカー使用できるが、5 ドル／ブッシェルのときは除草剤を 10～15 ドル／エーカーに抑えなければならないとしている。彼らが推奨する除草体系の一つを表 9 に示した。この体系では土壌混和処理剤を少量、早期に処理し、生育期には茎葉処理剤を適期に少量の水量で散布すれば、確実に除草効果をあげることができ、アーカンソーの畑の大部分は 10～15 ドル／エーカーで雑草防除が可能としている。

表 9. 10 ドルで済ませるダイズの除草体系
(Arkansas)

土壌混和処理	: pendimethalin, trifluralin (1.5 lb/A)
	↓
茎葉処理	: bentazone (0.5 pt), acifluorfen (0.25 pt), lactofen (0.2～0.4 pt), fomesafen (0.2～0.4 pt)
	↓
茎葉処理	: 2,4-D B (雑草直接処理)

5. 除草剤使用の現状と動向

アメリカでは 1988 年には 46 億ドルの農薬が使用されたが、その内訳は除草剤が 58%，殺虫剤 24%，殺菌剤 11%，およびその他 7% である。各作物別の除草剤使用金額はダイズ 9.25 億ドル、トウモロコシ 7.38 億ドル、ムギ類 1.87 億ドル、ワタ 1.18 億ドル、果樹・野菜 1.55 億ドルである。除草剤の売上げ（1987 年、24 億ドル）を化学構造別にみれば、アセトアニライド系 5.10 億ドル、トリアジン系 3.75 億ドル、ジニトロアニリン系 2.60 億ドル、イミダゾール系 1.40 億ドル、カーバメイト系 1.35 億ドル、ウレア系 0.80 億ドルである。除草剤別では alachlor 2.25 億ドル、

metolachlor 1.77 億ドル, trifluralin 1.58 億ドル, imazaquin 1.37 億ドル, atrazine 1.08 億ドル, metribuzin 1.00 億ドル, Bicep^R (metolachlor+atrazine) 0.85 億ドル, bentazone 0.84 億ドル, cyanazin 0.72 億ドル, Eradican^R (EPTC+解毒剤) 0.6 億ドルが主なものであるが、売上げが減少したものはalachlor, trifluralin, atrazine, metribuzin, bentazone, やや減少したものはcyanazineとEradican^R, 増加したものはmetolachlor, imazaquin, Bicep^Rである。このほかに、ジフェニルエーテル系も増加している。

最近、多くの除草剤は値下げをしている。主なものはtrifluralin, alachlor, acifluorfen, bentazone, chlorimuronであり、bentazoneは40%, chlorimuronは25%も値下げした。また、多くの混合剤はそれらのタンクミックスよりも安い、これらも値下げをしている。

アメリカでは農業不振のなかでも、農薬の研究・開発は活発に行われている。1986年度の全米の農薬の研究開発費は7億ドルで、スクリーニングされた化合物は10万個以上である。合成から登録に至る成功確率は $1/20,000 \sim 1/30,000$ で開発経費は3,000万ドル位とされている。合成から登録取得に要する年数は非農耕地用除草剤が4~5年、食用作物が7~8年である。各企業は温室内の効力試験の後、自社の圃場で試験をくり返すが、委託試験の専門会社(100社以上、従業員1人~160人)に依頼する場合も多い。特に登録・毒性・再登録に関しては委託試験会社を利用するケースが多い。残留・毒性や代謝等の登録に必要なデータは自社、ま

たは委託試験専門会社の試験より得られるので農務省や州立大学等の公的機関に必ずしも委託する必要がなく、登録取得の直前まで公的機関に薬剤が提出されないケースもある。しかし、その後各州立大学で試験され、使用基準にのせられる。

アメリカではどの作物にも、現在、完全な除草剤はなく、ダイズでは広葉防除剤、トウモロコシではイネ科防除剤(茎葉処理剤)、ワタの広葉防除剤、コムギのイネ科・広葉防除剤、芝生用イネ科防除剤(茎葉処理剤)、芝生用矮化剤(茎葉処理剤)や非選択性茎葉処理剤が要望されている。

ダイズでは最近開発された新しい広葉防除剤は最大雑草のオナモミに卓効を示すが、イチビなどには必ずしも有効でない。また、土壌に残留しやすいなどの欠点もある。トウモロコシでは生育期のイネ科防除剤のtridiphane+atrazineの効果が十分ではないので、Beacon^R(CGA-136872), Ramdy^R(DPX-V9630), PPG-1259をはじめ、7~8剤が試験されている。ワタ用にも多数試験されている。Verdinal^R(fluometuron類似), NC-20484, RST-20024, RE-40885, SC-0504などである。

今後開発される薬剤は殺草スペクトルが大きいこと、後作物、特にダイズ、トウモロコシとコムギに対する影響が小さいことが望ましい。最終的には環境への影響が小さく、人畜毒性が小さく、さらに安価であることが重要である。エーカー当りの除草剤のコストは年々下がっているが、現在は芝(ナーセリー)500ドル、芝生地(ゴルフ場)50~100ドル、野菜類50~60ドル、ラッカセイ40~60ドル、イネ30~40ドル、ワタ30~40ドル、ダイズ15~20(25)ドル、ト

ウモロコシ10～15(20)ドル、コムギ10ドル以下である。

最近、EPAの農薬登録業務が大変迅速になったが、毒性に関する取扱いが多少緩かになったのではないかとの批判もある。一方、1987年にはGLP (Good Laboratory Practices Act)の施行により、農薬の研究・開発にたずさわる民間・公的機関の農薬の管理・取扱いや研究従事者の健康管理まで監視されるようになり、1988年にはEndangered Species Actの施行により、保護動物・魚類(250種類)の棲息地、900以上の郡で125種類の農薬の使用が制限された。EPAは農薬の地下水汚染問題にも力を注いできた。1988年の全米雑草学会での地下水汚染に関する出席者のアンケート調査によると、EPAの地下水汚染対策に対して十分良いと評価する人と、不十分と評価する人はともに50%であったが、70%以上の人は地下水の汚染は深刻な問題で、国(特にEPA)や州等の公的機関で十分な保護対策をとるべきだとしている。しかし、アンケートでは地下水の汚染源は窒素化合物および有機物(農薬以外)によるものが大部

分であり、農薬は主たる原因ではないとしている。現在、地下水の汚染状況の調査はEPAだけでなく、各州の大学(州立大学)でも行われている。

6. 新しい研究

アメリカではバイオテクノロジーの研究対象は「農業分野への応用」が最も多いが、除草剤の分野では表10に示したように、抵抗性作物を作るための研究(遺伝子導入・組織培養)が活発に行われており、1990年代の早いうちに実用化されるものと予想されている。

雑草の生物的防除法の一つとして、カリフォルニア州では、1958年から6.5倍増加したstar-thistle (*Centaurea solstitialis*)に対して昆虫の(*Bangsteris orientalis*)による防除が極めて有効であることを見出し、実用化を急いでいる。

病原菌による雑草の防除は化学農薬の使用にくらべて環境への影響が小さく、開発費が少なく済むことから、主として特殊雑草を対象にして研究が行われている。現在までに、Devi-

表10. 除草剤抵抗性作物の作出研究

研 究 機 関	除 草 剤	抵 抗 性 作 物	研 究 手 法
American Cyanamid Co.	imazaquin	トウモロコシ	組 織 培 養
Allix Co.	atrazine	ナ タ ネ	遺 伝 子 導 入
Biotechnica International	数 種 除 草 剤	ナ タ ネ	"
Calgene Co.	glyphosate	トマト, トウモロコシ, ナタネ, タバコ, ポプラ, ワタ	"
CIBA-GEIGY Co.	atrazine	タバコ, ダイズ	"
E. I. Dupont Co.	sulfonylurea系	タバコ, 他	"
Hoechst	glufosinate	数 種 作 物	"
Harvard 大学	"	"	"
Massachusetts 病院	"	"	"
Monsanto Co.	glyphosate	ナタネ, タバコ, 他	"
Stauffer Chemical Co. (ICI)	EPTC	トウモロコシ	組 織 培 養
Sungene	trifluralin	トウモロコシ	"

表11. 実用化されている微生物除草剤

微生物除草剤	微 生 物	開発メーカー・登録	対 象 雑 草
Devine ^R	<i>Phytophthora palmivora</i>	フロリダ大学 Abbott研究所 (1981)	カンキツ園の milkweed
Collego ^R	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	アーカンソー大学 Upjohn社 (1982)	イネとダイズ中のア メリカツノクサネム
Casst ^R	<i>Alternaria cassiae</i>	Mycogen社 (登録見込)	エビスグサ

ne^Rがカンキツのミルクウィードに、Collego^Rがアメリカツノクサネムの防除に実用化されており、Casst^Rもエビスグサに登録される見込みである。そのほか、セイバンモロコシに対して *Bipolaris sorphicola* が極めて有望であり、ニシキアオイ類、ホテイアオイ、イチビ、キハマスゲ、アメリカキンゴジカ、アサガオ類、テキサスゴードやセイヨウトゲアザミについても病原菌による防除が研究されている。これらの研究はUSDAの南部雑草科学研究所やノースカロライナ州立大学で盛んに行われている。また、雑草病原菌から毒成分の化学構造を決定しようとの研究もみられるが、単離された化合物には菌自体が持っていた選択性がないことが多い。一方、土壤微生物の代謝産物から除草性物質を検索する研究は少ない。

植物毒を分泌する作物の育成やアレロパシー物質の除草剤としての利用、植物毒を放出するマルチの利用、あるいは雑草種子の発芽の促進または阻害など多岐にわたる研究も多い。

除草剤をコーティングした種子の研究も長く行われてきたが、例えばEPTCを混入した、でんぷんでコーティングしたトウモロコシ種子を畑に播種することにより、薬害がなく雑草を防除することができる。

最近開発された多くの除草剤は微量で卓効があり、対象作物に対する薬害が少ないなどの特

残存量を迅速に測定するためのイムノアッセイなどの研究も行われている。地下水汚染を減すための方法として、徐放型製剤の研究や散布技術の改良研究なども行われている。

7. 雑草科学の研究と普及のこと

各州には少なくとも、一つ以上の州立大学に農学部があり、そこには州の農業研究機関（試験場）と普及機関が置かれ、農務省研究局（ARS）から派遣された研究員を含めた教官達は教育、研究、普及の3グループに分れて、州の農業技術の向上をめざしている。その農学部には必ず、生物学、化学、土壌学、生物化学、農学、環境科学などの専門家からなる雑草科学グループがある。特に、ノースダコタ州立大学、イリノイ州立大学、ノースカロライナ州立大学、アーカンソー州立大学やカリフォルニア州立大学などは大きなグループをかかえている。研究は圃場レベルか、圃場で見出された現象の解析が中心であり、最終的には州の農業・農民に役立つ技術の開発・確立である。多くの州立大学の普及機関はコンピューターを通じて農家や普及所に、作物栽培管理、病害虫・雑草防除や農産物市況等に至るまで、大学で作成した新しい情報が迅速に伝達される。さらに、大学は州の農民や農業技術者を対象に多くの講習会・研究圃場の公開や除草剤の手引書・使用基準の作成

徴を有するが、土質や気象条件によっては土壌に残り、翌年の作物の生育を阻害することがある。このため、土壌中の除草剤の分解促進に関する研究や土壌中の

などを行い、州の農業に大きく貢献している。

アメリカでは植物保護分野のなかで、雑草防除が最も重要であるにもかかわらず、州の関係機関で働く雑草防除の専門家の人数が15~20%と最も少ない。さらに多くの大学の農学部では植物病理学や（応用）昆虫学は独立して学科を構成しているのに、雑草科学部門は作物学科や農学科の一つの構成グループになっている。こうしたことから、雑草科学者は機会ある毎に、国や州政府の雑草科学に対する認識の低さを訴えている。

アメリカには全米雑草学会（WSSA、1956年設立）の傘下に5つの地域雑草学会（Canada, Northeastern, Northcentral, Southern, Western）があり、年1回、講演会・シンポジウムが開催される。Southern Weed Science Society（SWSS、南部雑草学会設立1945年）の講演会では、実際の圃場試験を中心とした発表が300~400題あり、1,000名以上の参加があり盛会である。各州、例えばノースカロライナ州でもノースカロライナ州雑草学会が春に開かれ、シンポジウムを中心にした講演会が持たれる。これらの地域、または州の雑草学会は定期的にニュースレター、雑草図鑑や除草剤研究法などの実験書も出版している。全米雑草学会は毎年2月に講演会・シンポジウムを開催する。そこでは雑草の生理、生態、除草剤の特性・生理作用、防除法や普及等に関して250題位の発表が行われ、1,000名近い参加者

がある。

さて、全米雑草学会や地域雑草学会での最近のシンポジウム等で述べられている雑草科学の展望等について述べよう。

雑草科学領域において重視されるべきものとして、(1)除草剤およびその代謝産物の河川や地下水への移動・流入の防止技術、(2)ミニマムティルに対応した効果的で低コストの雑草防除、(3)除草剤を実際に使用する人達や普及員に対して雑草科学に関する基礎知識を与えること、(4)新しい生態的、生物的、または非化学的雑草防除法の発見、(5)除草剤抵抗性作物の開発技術の確立、(6)多年生雑草防除法の確立などがあげられている。そして具体的に(1)の対応策として、④除草剤の使用量を減らすこと、⑤残留量を減らすための散布技術の改善、③除草剤の土壌吸着や水系への流出に関する基礎研究、④残留を減らすための製剤研究、⑥除草剤の分解を促す、光、微生物、その他の因子の研究などがあげられている。(2)の対応策としては、④生物学的か、それに対応する、優れた除草剤の開発、⑤総合的雑草管理システムの確立、③雑草害と雑草防除のコストを評価して、より経済的な防除体系を作る。④表土や除草剤の流出を防ぐ、カバークロップの利用などが示されている。

さらに、農薬に対する悪いイメージの改善も必要であることがとりあげられている。