

水田雑草オモダカにおける スルホニルウレア系除草剤抵抗性とその防除

(独) 農研機構 中央農業総合研究センター生産体系研究領域 内野 彰

はじめに

オモダカ (*Sagittaria trifolia* L.) は多年生の水田雑草として全国に分布し、種子および塊茎の2種類の手段で繁殖する水生植物である (山河・伊藤 2004)。水田では塊茎由来のオモダカ個体が問題となり、種子由来の個体に関しては水稲用除草剤に対する感受性が高いため、通常はほとんど問題となることはない (佐合ら 1975; 吉田ら 2006)。オモダカの塊茎は休眠性があることに加え、比較的出芽深度も深いことから、水稲作期間中の出芽が非常に不斉一であることが知られており、その防除には後期の茎葉処理型除草剤処理が重要とされている (伊藤 1968; 伊藤 1997; 小山 1990; 草薙 1984)。

オモダカの発生面積は 1980 年代まで増加傾向がみられたが、80 年代以降のスルホニルウレア系除草剤を含む一発処理型除草剤の普及に伴い、東北では一時的に減少したことが報告された (山河・伊藤 2004)。2004 年の時点ではオモダカに有効な除草剤 (オモダカを適用草種に含む除草剤) が 124 剤あり、その 89% となる 110 剤がスルホニルウレア系除草剤を含む商品であったことが記されている (山河・伊藤 2004)。このことから 1980 年代以降のオモダカの防除は、オモダカに高い効果を示すスルホニルウレア系除草剤に大きく依存する状況であったといえる。その状況の中、著者らはスルホニルウレア系除草剤抵抗性のオモダカが顕在化している水田を確認し、その抵抗性の程度や交差抵抗性、抵抗性の分子機構について調査を行ってきた (Iwakami *et al.* 2014)。本稿では、それらの結果を中心に分布や防除に関する知見も含めて紹介したい。

スルホニルウレア系除草剤と除草剤抵抗性の機構

スルホニルウレア系除草剤はヒエ属を除く多くの水田雑草に高い効果をもち、低い人畜毒性、高い選択性などから一発処理剤の成分として極めて広く普及した除草剤成分である。その作用機構はアセト乳酸合成酵素 (Acetolactate synthase : ALS) の阻害であり、ALS が触媒する分岐鎖アミノ酸生成経路の阻害を通して雑草の生育を停止させる。スルホニルウレア系除草剤抵抗性はオモダカ以外にも多くの水田雑草種で既に確認されているが、少なくともオモダカを除く日本の水田雑草に関しては、抵抗性機構のほとんどの場合が ALS の 1 アミノ酸置換に由来することが分かっている (内野・岩上 2014b)。このタイプの抵抗性は、作用点 (Target site) の変異に由来することから作用点抵抗性 (Target Site Resistance : TSR) と呼ばれ、ALS においては Pro₁₉₇ (シロイヌナズナの ALS タンパク質中の 197 番目のアミノ酸に相当するプロリン) や Trp₅₇₄ (同じく 574 番目に相当するトリプトファン) など特定の 8 箇所の部位のいずれかにおいてアミノ酸置換が起こると、ALS 阻害剤抵抗性を引き起こすことが知られている (Yu and Powles 2014)。ちなみに、近年海外で報告が増えつつあるグリホサート抵抗性では、作用点となる酵素の遺伝子が大量に重複して抵抗性となっている事例が報告されており (Gaines *et al.* 2010)、これも TSR の一例とされる。

一方、除草剤抵抗性機構の中には作用点変異に起因しない場合もあり、こちらは非作用点抵抗性 (Non-Target Site Resistance : NTSR) と呼ばれる。その機構には除草剤代謝機能の向上や除草剤の吸収・移行の低下、その隔離などが挙げられる

が、分子機構まで詳細に判明している例はほとんどない(Yu and Powles 2014)。我々が調査した除草剤抵抗性オモダカでは、他の水田雑草の場合と異なり、TSRとNTSRの2つのタイプが顕在化していることが明らかとなった(Iwakami *et al.* 2014)。以下、その結果について述べる。

オモダカの除草剤抵抗性に関する試験

(1) 材料

材料としたオモダカは2001年に秋田県大仙市新谷地から採取した系統(R1)と1998年に秋田県大仙市内小友から採取した系統(R2)を用いた。それぞれ7月の遠観調査で水田に数多くのオモダカ個体が残し、抵抗性であることが疑われる状態であった。対照系統としては秋田県大仙市四ツ屋にある東北農業研究センター大仙研究拠点の試験圃場から採取した系統(S1)を使用した。S1はスルホニルウレア系除草剤使用歴のない圃場か

ら採取して維持した。採取した植物は植壇土を詰めた1/5000aワグネルポットで生育させて塊茎を生産させ、秋に掘り出した塊茎を8℃で3ヶ月以上保存した。その後これらの塊茎をもとに、各試験の前年に大仙市またはつくば市において同様に塊茎を増殖した。

(2) 植物体の除草剤反応

ベンスルフロンメチルおよびピラゾスルフロンエチルに対する除草剤反応は1/5000aワグネルポットを用いて試験を行い、線形葉2~4葉期に除草剤処理をして地上部乾物重を6週間後に調査した。2003年に行った標準薬量処理(それぞれ75g ai/haおよび21g ai/ha)に対する反応は表-1に示すとおりで、S1ではどちらの除草剤処理ともに強く抑制されていたが、R1ではどちらの除草剤でも処理後に残草するのが認められた。またR2ではベンスルフロンメチル処理で残草するもののピラゾスルフロンエチルではS1同様に

表-1 ベンスルフロンメチルおよびピラゾスルフロンエチルの標準薬量処理に対するオモダカの反応 (Iwakami *et al.* 2014)

系統	無処理	ベンスルフロンメチル処理	ピラゾスルフロンエチル処理
S1	1.43 ± 0.10	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.00
R1	0.56 ± 0.11	0.34 ± 0.04	0.94 ± 0.01
R2	0.48 ± 0.01	0.46 ± 0.04	0.06 ± 0.00

試験は2003年に秋田県大仙市で行い、移植43日後に地上部乾物重を測定し、g/個体(平均値±標準誤差)でデータを示した。

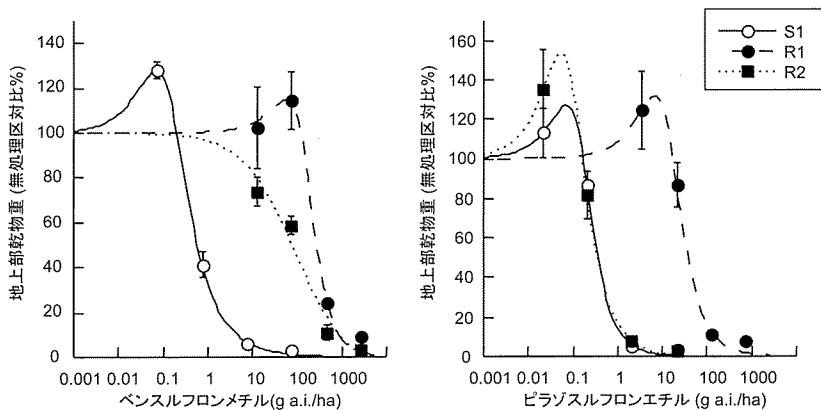


図-1 ベンスルフロンメチルおよびピラゾスルフロンエチルに対するオモダカ3系統の薬量反応曲線 (Iwakami *et al.* 2014)

試験は2012年につくば市で行い、移植40日後の地上部乾物重を調査した。ログロジスティックモデルに従って回帰曲線を作成し(Brain and Cousens 1989; Seefeldt *et al.* 1995)、エラーバーは標準誤差を示す。

いた TaKaRa LA Taq DNA polymerase with GC buffer (タカラバイオ株式会社) を利用し、58°C のアニリング温度で増幅を行った。増幅した各系統の ALS 遺伝子は Uchino *et al.* (2007) に記したようにダイレクトシーケンスで塩基配列を決定した。

単離されたオモダカの ALS 遺伝子は 684 のアミノ酸をコードする 2.4kbp の遺伝子 (DDBJ アクセス番号 AB301496.1) であり、ウリカワの ALS 遺伝子 (BAH60833) とタンパク質レベルで 98% の相同性を示した。またイネの ALS 遺伝子 (BAB20812) と 71%、シロイヌナズナの ALS 遺伝子 (AT3G48560) と 69% の相同性をそれぞれタンパク質レベルで示した。S1 の ALS 遺伝子は Pro₁₉₇ および Trp₅₇₄ などのアミノ酸置換を引き起こす部位が全て保存されており、8 箇所いずれにもアミノ酸置換が認められなかった。一方で R1 では Pro₁₉₇ でアミノ酸が Ser に置換しているのが認められたことから (表 -4)、R1 の抵抗性は TSR であると結論された。また R1 の Pro₁₉₇ では Pro と Ser がヘテロの状態で見出され、R1 の ALS 遺伝子座においては感受性遺伝子と抵抗性遺伝子がヘテロ接合の状態で見出されていると考えられた。水田で増殖するオモダカは上述したように主に塊茎に由来すると考えられ、水田にはクローン個体が多く存在するものと推測される。このような、抵抗性を誘導するアミノ酸置換がヘテロ接合で保持されることは、主に塊茎で増殖するウリカワの抵抗性個体でも観察されている (片岡ら 2010)。抵抗性の対立遺伝子が交配などでホモ化することなく、塊茎由来の繁殖で維持

された場合には、R1 の ALS 遺伝子座のようにヘテロ状態が維持されるものと推定される。

R2 の ALS 遺伝子にはアミノ酸置換が全く認められず、S1 の ALS 遺伝子と全く同一の塩基配列を示した (表 -4)。そこで TSR の一つの可能性として、R2 で ALS 遺伝子の大量重複が起きている可能性を調べるため、サザンブロッティングを行った。サザンブロッティングは Saika and Toki (2009) に記された方法に従って行い、ALS 遺伝子の検出プローブは 5' -CTGGCTGTCATCTGC-3' と 5'-GAAACCAAGTCCGGGTATATGTC-3' のプライマーを使って PCR で増殖される ALS 遺伝子中の約 300bp の部分配列を利用した。サザンブロッティングの結果は図 -2 に示すとおりで、S1 と R2 で検出バンドの濃さに顕著な差異が認められず、ともに 1 本のバンドのみが見出された。こ

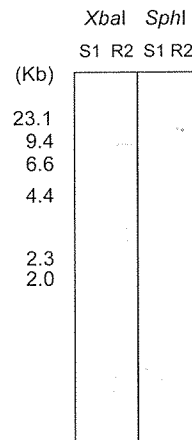


図 -2 オモダカ感受性系統 (S1) および抵抗性系統 (R2) における ALS 遺伝子のサザンブロッティング (Iwakami *et al.* 2014) *XbaI* および *SphI* は使用した制限酵素。

表 -4 3 系統のオモダカにおける ALS 遺伝子の比較 (Iwakami *et al.* 2014)

系統	Ala ₂₂		Pro ₉₇		Ala ₃₆		Asp ₂₅		Arg ₅₇		Trp ₅₇₄		Ser ₆₃		Gly ₆₄	
	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸	コドン	アミノ酸
S1	GGC	Ala	CCC	Pro	GCC	Ala	GAT	Asp	CGC	Arg	TGG	Trp	AGT	Ser	GGA	Gly
R1	GGC	Ala	CCC/TCC	Pro/Ser	GCC	Ala	GAT	Asp	CGC	Arg	TGG	Trp	AGT	Ser	GGA	Gly
R2	GGC	Ala	CCC	Pro	GCC	Ala	GAT	Asp	CGC	Arg	TGG	Trp	AGT	Ser	GGA	Gly

アミノ酸置換が抵抗性を引き起こす 8 箇所の部位における DNA コドンと対応するアミノ酸を示した。下線はアミノ酸置換が認められた箇所を示す。

ことから R2 で遺伝子重複が起こっているとは考えにくく、R2 の抵抗性は NTSR であると推測された。

R2 の抵抗性機構については、その後三浦ら (2012) によってさらに解析され、R2 では S1 や R1 と比較してベンスルフロンメチルの吸収が遅いこと、植物体内でのベンスルフロンメチルの代謝速度も早いことが判明している。以上のことから、オモダカの抵抗性には 2 種類のタイプがあり、TSR および NTSR の両方の抵抗性個体が存在すると結論された。

オモダカの除草剤抵抗性個体の分布

オモダカの除草剤抵抗性個体は上述の系統の他、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、千葉県、神奈川県の水田で確認されており、それぞれ TSR と NTSR の種別が調べられている。宮城県および神奈川県では ALS 遺伝子も調査され、それぞれ 4 系統および 1 系統でアミノ酸置換が認められ、神奈川県ではアミノ酸置換が認められない系統が 3 地域で見ついている (聖代橋ら 2014; 大川ら 2008; 吉田ら 2006)。福島県ではベンスルフロンメチルに抵抗性を示す個体が 4 地域で確認され、そのうちの 1 地域の系統はピラゾスルフロンエチルに感受性であることが報告されている (内山 2010)。さらに山形県では除草剤の交差抵抗性反応と ALS 遺伝子の両方が詳細に調べられ、県内に TSR が 13 系統、NTSR が 10 系統存在することが報告されている (松田ら 2013; 松田 2014)。著者らが秋田県、千葉県、茨城県で調査した結果では、上述の系統の他に TSR が 2 系統、NTSR が 3 系統で見ついている (内野 2005; 内野ら 2008)。これらをまとめると表-5 のようになり、合計すると TSR が 24 系統、NTSR が 18 系統で報告されている。日本でこれまでに報告されている水田雑草の抵抗性機構はオモダカを除けばほぼすべて TSR であるが、オモダカに関しては TSR に加えて NTSR も比較的高い割合 (表-5 では約 40%) で存在していることになる。

オモダカの除草剤抵抗性の検定

除草剤抵抗性個体は外観では判別できないため、これまで抵抗性個体を簡易に調査する方法として発根法 (Hamamura *et al.* 2003; 村岡 2000) や酵素活性を利用した方法 (内野ら 2007; Uchino and Watanabe 2007) などが他の水田雑草で利用されてきた。しかしオモダカでこれらの方法を活用した場合、発根法では感受性系統でも抵抗性系統と同様に根の伸長が観察され、酵素活性法では抽出液中の不純物の着色が判定を難しくさせるなど、ともに抵抗性の判別が明瞭に出来ないことが分かっている。一方で、地上部再生法については比較的再現性良く抵抗性が判別できることが確認されている (内野ら 2008)。地上部再生法では、現地圃場から抵抗性が疑われる個体を採取し、地上部および地下部をそれぞれ 3-5cm ほど残るように切除してワグネルポットなどに移植し、1 週間ほどして再生葉が 1 枚抽出するのを確認してから除草剤 (ベンスルフロンメチル含有剤) を標準量で処理する。その後、2 枚目以降の葉が抽出し、無処理の場合と同様に葉が順次展開するのが認められれば抵抗性、2 枚目以降の葉の抽出が阻害されれば感受性と判定される。

表-5 これまでに確認されたオモダカのスルホニルウレア系除草剤抵抗性系統

県	抵抗性機構	
	TSR	NTSR
宮城県	4	0
秋田県	3	1
山形県	13	10
福島県	3	1
茨城県	0	2
千葉県	0	1
神奈川県	1	3
合計	24	18

ベンスルフロンメチルに抵抗性を示した系統のうち、ALS 遺伝子に抵抗性を引き起こす変異が認められた系統を TSR とし、そうした変異の無かった系統およびピラゾスルフロンに感受性を示した系統を NTSR とした

ここで注意が必要なのは、現地圃場で感受性個体と抵抗性個体の両方が残草している場合に、1個体だけを判定に供試すると感受性個体だけを偶然供試してしまう可能性がある点である。従って現地の抵抗性を確実に診断するためには、現地圃場から多めに残草個体を採取し、少なくとも3~5個体について除草剤に対する反応を見ることが重要である。また診断においては、無処理ポットを設けるとともに対照となる感受性系統も（可能であれば抵抗性系統も）同様に試験して比較するなど、対照区を設けて判断するとより確実な結果が得られる。

除草剤抵抗性オモダカの防除

スルホニルウレア系除草剤抵抗性のオモダカに対しては、プレチラクロール、ベンフレセート、MCPA エチル、ベンタゾンがS1とR2とで同様な効果を示すことがポット試験で分かっている（表-6、Iwakami *et al.* 2014）。またオモダカに高い効果を示すことが知られるベンゾフェナップも、宮城県の圃場試験でTSRのオモダカに対して高い効果を示す事が確認されている（吉田ら 2006; Yoshida *et al.* 2007）。さらにピラクロニル、テフリルトリオン、ピラゾレートを含む初期剤や一発処理型除草剤も、山形県で行われたポット試験でTSRおよびNTSRのオモダカともに有効であることが確認されている（松田ら 2013; 松田 2014）。

これまでコナギやイヌホタルイなど全国的にス

ルホニルウレア系除草剤抵抗性が問題となった雑草種では、広範な地域の農業試験場で有効な成分を検証する除草剤試験が行われ、その適用性について十分に検討されて有効な成分や商品が明らかとなっている。しかし除草剤抵抗性オモダカについては、まだ試験点数に限られ、圃場レベルでの試験も多くない。当面は、上記の除草剤を有効に活用して防除していく必要があるが、今後は上記を中心に幅広い地域で防除試験を行い、全国的な適用性を検討していく必要があろう。

おわりに

オモダカは上述したように不斉一に出芽するため、その防除には後期の茎葉処理型除草剤処理が必要な雑草である。近年は経営の大規模化や高齢化にともなって一発処理剤中心の雑草防除体系になりつつあり、後期の茎葉処理型除草剤の処理が省略される場面もあるものと推測される。こうした経営形態の変化はオモダカの残草を助長する要因となっている可能性があり、除草剤抵抗性でなくともオモダカの防除には体系処理による完全防除を心がける必要がある。除草剤抵抗性の顕在化の過程を個体群動態モデルによって推定すると、圃場の埋土種子や塊茎数が多いほど抵抗性が顕在化しやすい（内野・岩上 2014a）。従って抵抗性の顕在化を防ぐためには感受性個体といえども常に低密度に維持する管理が重要となる。オモダカでは水稲収穫直後に除草剤散布や耕起などを行うと、その年の塊茎生産が抑制されて翌年の出芽数

表-6 オモダカ感受性系統 S1 と抵抗性系統 R2 の代替除草剤に対する反応 (Iwakami *et al.* 2014)

除草剤	作用機作	処理時期	系統	
			S1	R2
プレチラクロール	超長鎖脂肪酸 (VLCFA) 合成阻害	1 葉期	18.4±11.6	10.3±2.4
ベンフレセート	脂質合成阻害	1 葉期	17.8±3.5	21.3±6.2
MCPA エチル	合成オーキシシン	矢じり葉抽出期	9.2±5.7	4.4±1.3
ベンタゾン	光化学系 II 阻害	矢じり葉抽出期	0.0±0.0	1.9±0.9

試験は 2000 年に秋田県大仙市で行い、移植 43 日後に地上部乾物重を測定し、除草剤無処理に対する相対値 % (平均値±標準誤差) でデータを示した。

が低下することが知られている（伊藤 1968; 伊藤 1997; 小山 1990; 金安ら 2013; 須藤 2014; 須藤ら 2008）。こうした防除法も活用しつつオモダカの防除を進めて行くことが、今後の水田管理には重要といえる。

引用文献

- Brain P. and R. Cousens 1989. An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses. *Weed Res.* 29, 93-96.
- Gaines T. A., W. Zhang, D. Wang, B. Bukun, S. T. Chisholm, D. L. Shaner *et al.* 2010. Gene amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*. *Proc. Natl Acad. Sci. U.S.A.* 107, 1029-1034.
- Hamamura, K., T. Muraoka, J. Hashimoto, A. Tsuruya, H. Takahashi, T. Takeshita and K. Noritake 2003. Identification of sulfonylurea-resistant biotypes of paddy field weeds using a novel method based on their rooting responses. *Weed Biol. Manag.* 3,242-246.
- 伊藤夫仁 1968. クログワイの個生態とその雑草害について. *中国雑草防除研究* 1,75-79.
- 伊藤一幸 1997. 水田多年生雑草オモダカ塊茎の萌芽生態と動態に関する研究. *農業研究センター研究報告* 26,1-75.
- Iwakami, S., H. Watanabe, T. Miura, H. Matsumoto and A. Uchino 2014. Occurrence of sulfonylurea resistance in *Sagittaria trifolia*, a basal monocot species, based on target-site and non-target-site resistance. *Weed Biol. Manag.* 14, 43-49.
- 金安洋典・橋本年男・佐藤正・関野景介 2013. オモダカの塊茎形成推移と塩素酸ナトリウム粒剤の水稲刈跡処理による新規塊茎形成抑制効果. *雑草研究* 58(別), 31.
- 片岡由希子・中山壮一・内野彰・今泉智通・永田信彦・天笠正・仁木理人 2010. 山形県および愛知県で採取されたウリカワのベンスルフロンメチルに対する薬量反応とアセト乳酸合成酵素遺伝子における変異. *雑草研究* 55, 254-257.
- 小山豊 1990. 千葉県早期水稲栽培におけるオモダカおよびコウキヤガラの生態と防除に関する研究. *雑草研究* 35, 239-244.
- 草薙得一 1984. 水田多年生雑草の繁殖特性の解明と防除に関する研究. *雑草研究* 29,255-267
- 松田晃 2014. 山形県の水田における近年の除草剤抵抗性雑草の現状. *東北の雑草* 13,8-14.
- 松田晃・青木大輔・内野彰 2013. 山形県で発生するスルホニルウレア系除草剤抵抗性オモダカの交差抵抗性と ALS 遺伝子変異. *雑草研究* 58(別),93.
- 三浦斗夢・春原由香里・内野彰・松本宏 2012. アセト乳酸合成酵素遺伝子に変異を持たないオモダカにおけるベンスルフロンメチル抵抗性機構. *雑草研究* 57(別),128.
- 聖代橋史佳・久保深雪・野村研 2014. 神奈川県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイおよびオモダカの解析. *日本雑草学会第 53 回大会講演要旨集*, 141.
- 村岡哲郎 2000. イヌホタルイの発根への影響を利用したスルホニルウレア抵抗性の簡易検定法. *植調* 34,67-71.
- 大川茂・片岡由希子・中山壮一・吉田修一 2008. 宮城県におけるスルホニルウレア抵抗性オモダカの遺伝変異の違いと発生分布. *雑草研究* 53(別),18.
- 佐合隆一・西静雄・足立明朗 1975. オモダカの生態について(2) 種子からの発生. *日本雑草防除研究会第 14 回講演要旨*, 76 ~ 78.
- Saika H. and S. Toki 2009. Visual selection allows immediate identification of transgenic rice calli efficiently accumulating transgene products. *Plant Cell Rep.* 28, 619-626.
- Seefeldt S. S., J. E. Jensen and E. P. Fuerst 1995. Log-Logistic Analysis of Herbicide Dose-Response Relationships. *Weed Technol.* 9, 218-227.
- 須藤健一 2014. 水稲刈り跡への塩素酸ナトリウム粒剤処理がオモダカの塊茎形成に及ぼす影響. *日本雑草学会第 53 回大会講演要旨集*, 126.
- 須藤健一・牛尾昭浩・足立光弘・神山潔・片橋久夫 2008. 水稲刈り跡への除草剤処理がオモダカの塊茎形成に及ぼす影響. *雑草研究* 53(別), 142.
- 内野彰 2005. 秋田県の数種オモダカ系統におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性変異. *第 7 回東北雑草研究会資料*, p.5-6.
- 内野彰・岩上哲史 2014a. 水田雑草におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性の出現とその生態. *日本農業学会誌* 39, 25-62.
- 内野彰・岩上哲史 2014b. 水田雑草の ALS 阻害剤抵抗性-抵抗性の機構と個体群動態-. *東北の雑草* 13, 1-7.
- Uchino, A., S. Ogata, H. Kohara, S. Yoshida, T. Yoshioka and H. Watanabe 2007. Molecular

basis of diverse responses to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in sulfonylurea-resistant biotypes of *Schoenoplectus juncooides*. Weed Biol. Manag. 7, 89-96.

内野彰・尾形茂・渡邊寛明 2007. 数種水田雑草におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性迅速検定法の改良. 東北の雑草 7, 27-31.

内野彰・大野修二・角康一郎・平岩確・永田信彦・仁木理人・天笠正 2008. 多年生水田雑草オモダカおよびウリカワにおけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性およびその地上部再生法による抵抗性検定. 雑草研究 53(別), 12.

Uchino, A. and H. Watanabe 2007. Effects of pyruvate and sucrose on acetolactate synthase activity in *Lindernia* spp. and *Schoenoplectus juncooides* in an *in vivo* assay. Weed Biol. Manag. 7, 184-187.

内山かおり 2010. 福島県におけるペンスルフロンメチ

ル剤抵抗性のオモダカの発生について. 日本植物調節剤研究協会東北支部会報 45, 18-19.

山河重弥・伊藤一幸 2004. 雑草モノグラフ 2. オモダカ (*Sagittaria trifolia* L.). 雑草研究 49, 206-219.

吉田修一・伊藤健二・内野彰 2006. スルホニルウレア抵抗性オモダカ多発水田における効果的防除法. 雑草研究 51(別), 90-91.

Yoshida, S., K. Ito and A. Uchino 2007. Herbicidal efficacy of benzofenap against sulfonylurea resistant biotypes of *Sagittaria trifolia* L. In: Proceedings of the 21st Asian-Pacific Weed Science Society Conference, ed. by B. Marambe, U. R. Sangakkara, W. A. J. M. De Costa and A. S. K. Abeysekera, Colombo, Sri Lanka, p.668-669.

Yu, Q. and S. B. Powles 2014. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. Pest. Manag. Sci. 70, 1340-1350.

雑草・病害・害虫の写真 15,000点と解説を 無料公開

病害虫・雑草の情報基地として
インターネットで見られます。
ご利用下さい。

Please access
boujo.net



<http://www.boujo.net/>

病害虫・雑草の情報基地

検索



電子ブックで公開

日本植物病害大事典

農業分野で重要な植物病害を写真と解説で約 6,200 種収録した最大の図書を完全公開。(1,248 ページ)

日本農業害虫大事典

農作物、花卉、庭木、貯蔵植物性食品を含む、害虫 1,800 種を専門家により、写真と解説で紹介した大事典を完全公開。(1,203 ページ)

三ニ雑草図鑑

水田・水路・湿地から畑地・果樹園・非農耕地に発生する 483 余種の雑草を幼植物から成植物まで生育段階の姿で掲載。(192 ページ)

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東 1-26-6
<http://www.zennkyo.co.jp>