

山形県の水田における近年の除草剤抵抗性雑草の現状

松田 晃*

Recent trends of herbicide resistant paddy weeds in Yamagata, Japan

Akira Matsuda*

要約：山形県内において、多年生水田雑草であるオモダカ (*Sagittaria trifolia* L.)、クログワイ (*Eleocharis kuroguwai* Ohwi)、ウリカワ (*Sagittaria pygmaea* Miq.)、シズイ (*Scirpus nipponicus* Makino) の4草種を対象とし、スルホニルウレア系除草剤 (SU 剤) に対する感受性の状況について調査を行った。オモダカでは、SU 剤抵抗性が広く発生しており、地点によって各 SU 成分に対する感受性は異なった。ウリカワにおいても、SU 剤抵抗性の発生が認められた。一方、クログワイとシズイでは、SU 剤に対する明らかな感受性の低下は認められなかった。感受性低下の有無が草種によって異なったことから、体系処理の原則のもとで草種にあった剤を選択し長期連用を回避することが、これらの多年生水田雑草の防除対策に重要である。

キーワード：水田、多年生雑草、除草剤抵抗性、スルホニルウレア系除草剤
paddy, perennial weeds, herbicide resistance, sulfonylurea herbicide

はじめに

わが国において水田雑草防除に広く用いられるスルホニルウレア系除草剤 (SU 剤) は、アセト乳酸合成酵素 (ALS: acetolactate synthase) を阻害し雑草を枯死させる除草剤 (ALS 阻害剤) の一種である。ALS 阻害剤に対する抵抗性は世界中で多数の雑草種で報告されており、わが国でも十数種の水田雑草に SU 剤抵抗性が確認されている (Heap *et al.* 2013; 児嶋・川名 2007)。

各種一年生水田雑草における SU 剤抵抗性の発生は、1995 年頃から全国各地で報告されてきた (内野・芝池 2007)。この過程で、山形県においても調査が行われ、初めにアゼトウガラシ属の雑草 (アゼトウガラシ (*Lindernia angustifolia*), アゼナ類 (*Lindernia procumbens*)) で SU 剤抵抗性の発生が報告された (伊藤ら 1997)。その後、アゼナ類やイヌホタルイ (*Scirpus juncooides*)、コナギ (*Monochoria vaginalis*) を対象として県内全域で調査が行われた (矢野ら 2004)。第1図は本県において 2003 年までに確認された SU 剤抵抗性バイオタイプの分布図で、主要な水田地帯全域に抵抗性バイオタイプが発生していたことを示

している。2000 年と 2004 年に全国の各都道府県を対象として行われたアンケート調査によると、SU 剤抵抗性バイオタイプの発生が確認された都道府県数と草種数は、4 年間で大きく増加していた (児嶋・川名 2007)。水田雑草における SU 剤抵抗性の発生が全国に拡大する一方で、2000 年頃からこれらの草種に有効な非 SU 系除草剤の流通利用が増加した。

ところが、近年では、東北地域でオモダカ (*Sagittaria trifolia* L.) やウリカワ (*Sagittaria pygmaea* Miq.) において SU 剤抵抗性バイオタイプの発生が報告され、SU 剤抵抗性の問題は一年生雑草から多年生雑草にも拡大している (内野ら 2005; 大川ら 2008; 内山 2010; 片岡ら 2010)。山形県においても、近年オモダカなどの多年生雑草は問題視されているが、これには一発処理剤のみによる防除の増加が関与しているとも考えられ、抵抗性獲得との関係は不明であった。そこで、2010 年からオモダカおよびウリカワ、クログワイ (*Eleocharis kuroguwai* Ohwi)、シズイ (*Scirpus nipponicus* Makino) の4種の多年生水田雑草を対象とし、県内現地水田における SU 剤感受性の状況を調査した。

* 山形県農業総合研究センター 〒990-2372 山形市みのりが丘 6060-27

Yamagata Prefectural Agricultural Research Center 6060-27 Minorigaoka, Yamagata City, 990-2372, Japan

山形県における各種多年生雑草のSU剤感受性



第1図 山形県において2003年までに確認された一年生広葉雑草のSU剤抵抗性バイオタイプの分布

- 1) ○アゼナ類, △イヌホタルイ, ×コナギ。
- 2) 濃淡は標高の高低を示す。
- 3) 矢野ら(2004)を引用。
- 4) 迅速検定法または発根法(ITOキット)による検定結果。
- 5) 市町村界は調査当時。

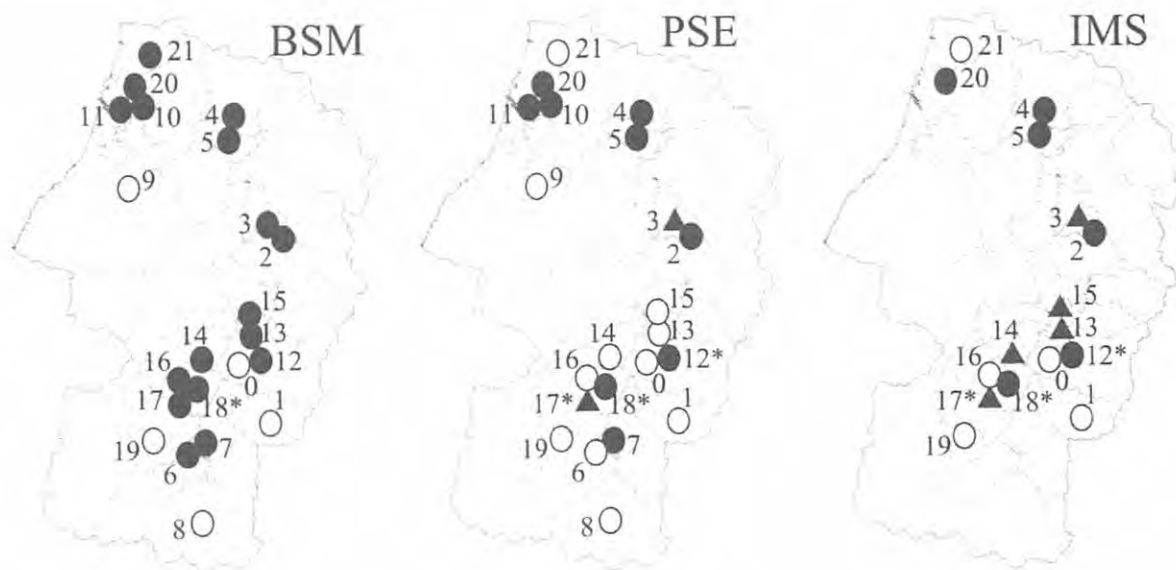
1. オモダカ

東北地域において、SU剤抵抗性オモダカの発生は2010年までに秋田県、宮城県、福島県で報告された。内野ら(2005)は秋田県の数地点のオモダカについて、ポット試験による葉量反応の確認や遺伝子解析を行い、ALS遺伝子の変異の有無によってSU成分に対する反応が異なることを示した。大川ら(2008)は宮城県内の3水系でALS遺伝子の変異したSU剤抵抗性オモダカの発生を確認した。内山(2010)は福島県の複数地点でSU剤に対して感受性が低下したオモダカの発生を確認した。これらの事例から、山形県においてもSU剤抵抗性オモダカの発生が懸念された。

1) 地上部再生法による抵抗性検定

従来アゼナ類やイヌホタルイ、コナギのSU剤抵抗性検定に用いられてきた酵素活性を利用した方法や発根法はオモダカやウリカワに対しては適用が困難であったが、地上部再生法(検定個体の地上部を切り揃えてポットに移植し、除草剤処理後の地上部の再生程度により抵抗性の有無を判定する)は、イヌホタルイやアゼナ類のみならず、オモダカやウリカワにも適用可能である(古原ら2011; Hamamura *et al.* 2003; 吉田ら2008; 大野ら2004; 内野ら2008)。

2010~2011年にかけて現地水田21地点からオモダカの個体を採取し、地上部再生法によって検定した。SU成分として、ベンスルフロンメチル(bensulfuron-metyl:



第2図 山形県内産のオモダカ現地系統の各SU成分に対する感受性

- 1) 数字は地点番号。
- 2) ●強い抵抗性, ▲弱い抵抗性, ○感受性。
- 3) 新葉が再生する個体と全く再生しない個体が共存する場合、異なる感受性個体が混在しているとし、*を付した。
- 4) 一部の地点(1~5)のIMS感受性の判定は、増殖させた塊茎を用いたポット試験を2011年に行い判定した。

第1表 SU 剤抵抗性オモダカに対する各種除草剤の効果

処理除草剤	地点名					
	2	5	7	10	11	
ポット当たり乾物重 (g)	無処理	0.77	0.52	1.32	0.80	0.32
	BSM・メフェナセット粒剤	53	69	—	48	97
	PSE 粒剤	9	144	—	—	52
	IMS 粒剤	60	87	26	121	194
乾物重の対無処理区比 (%)	ピラクロニル粒剤	0	0	0	0	0
	オキサジクロメホン・テフリルトリオン粒剤	0	—	0	0	0
	テフリルトリオン・メフェナセット粒剤	0	0	—	—	0
	ピラゾレート粒剤	0	0	—	—	0

1) 「—」は未供試。

2) 1/10,000 a ポット試験。試験は1ポット3個体、ポットは各処理1反復。

3) テフリルトリオンはオモダカに効果のないオキサジクロメホンやメフェナセットとの混合剤を供試。

BSM), ピラゾスルフロンエチル (pyrazosulfuron-ethyl: PSE), イマゾスルフロン (imazosulfuron: IMS) を供試した。薬剤処理区において新葉の再生が認められない場合、感受性と判定した。無処理区と同等の旺盛な生育を示した場合には、強い抵抗性と判定した。抑制されながらも数枚の葉の再生を示した場合には、弱い抵抗性と判定した。その結果、多くの地点でいずれかのSU成分の効果が劣っており、SU剤抵抗性オモダカが県内の全域で発生していた(第2図)。また、発生地点によって各SU成分に対する感受性の強弱が異なっていた(松田2012; 松田2013)。

SU剤に対する抵抗性は、SU剤の標的部位(target site)であるALSのアミノ酸置換による抵抗性(Target-site resistance)と、標的部位の変異によらない抵抗性(Non-target-site resistance)に分類される(内野・岩上2013)。Target-site resistanceは、ALS遺伝子の1塩基の変異によって獲得される抵抗性で、遺伝子変異型ともよばれ、これまで多数の雑草種で報告されてきた(内野ら・芝池2007; Powles and Yu 2010)。SU剤抵抗性を引き起こすALSのアミノ酸置換部位にはPro¹⁹⁷、Asp³⁷⁶、Trp⁵⁷⁴などがあり、最も多く報告されている置換部位はPro¹⁹⁷である。Trp⁵⁷⁴の置換はSU剤に限らずあらゆるALS阻害剤に抵抗性を示すため、この置換型は他の作用機作をもつ除草剤で防除する必要がある。一方、Non-target-site resistanceは除草剤の吸収、体内における移行の阻害や解毒代謝能力の向上などが要因となっているとされ、これらが複合的に関与している可能性もあることから、解毒代謝型とも呼ばれる。その機構は未解明であるが、いくつかの研究で解毒代謝能力が向上する要因としてシトクロムP450の活性向上が示唆されている(Powles and Yu 2010; 三浦ら2012; Yasuor et al. 2009)。

遺伝子変異型の抵抗性バイオタイプが安定して強い抵抗性を示すのに対し、解毒代謝型の場合は系統間や個体間で抵抗性の強弱の差異が大きく、オモダカにおいても、

遺伝子変異型が複数のSU成分に広く交差抵抗性を示したのに対し、解毒代謝型はBSM以外には交差抵抗性を示さなかった事例が報告されている(内野ら2005)。

今回の調査結果では、SU剤抵抗性オモダカは県内の水田に広く存在し、抵抗性の有無と強弱はSU成分によって異なった。BSMに対して21地点中17地点が強い抵抗性と判定され、高い割合にのぼった。これらのうち7地点はPSEにも強い抵抗性を示したことから、遺伝子変異型の抵抗性と推定した。BSMに抵抗性の残り10地点はPSEとIMSに感受性であったことから(一部地点はIMSで未検定)、解毒代謝型抵抗性と推定した。以上から、解毒代謝型と遺伝子変異型は調査地点のおよそ半々であると推定した。現在、これらの各系統についてALS遺伝子の解析を進めている。

2) 防除試験

SU剤抵抗性オモダカについて、対策剤の効果確認を目的として、塊茎を供試してポット試験を行った(松田2012)。地上部再生法で複数のSU成分に対して抵抗性と判定された5地点(系統)のオモダカを供試した。試験には現地から採取した個体から塊茎を増殖して用いた。試験は1/10,000 aのポット試験とし、発生始期に標準量の各種薬剤を処理し、1ヶ月間栽培し、地上部生育量を測定した。

供試されたオモダカはいずれもSU成分に対して抵抗性を示したが、これらのいずれに対しても、ピラゾレートやピラクロニル、テフリルトリオンの効果は高く、全ての個体が枯死した(第1表)。この結果から、SU剤抵抗性のオモダカ対しても、SU剤と作用機作の異なるピラゾレートやピラクロニル、テフリルトリオンは有効であり、同一薬剤の連用を避け、対策成分を有効に利用し体系処理の原則を守ることで対策は可能であると推察した。

2. ウリカワ

ウリカワは1980年代前半まで発生が多くみられた雑

第2表 SU 剤抵抗性ウリカワに対する各種除草剤の効果

処理除草剤	地点名			
	地点ア	地点イ	山形農総研	
ポット当たり乾物重 (g)	無処理	0.42	0.31	0.23
乾物重の対無処理区比 (%)	BSM・メフェナセット粒剤	28	63	9
	PSE 粒剤	30	21	13
	IMS 粒剤	74	83	20
	ピラクロニル粒剤	0	0	0
	オキサジクロメホン・テフリトリオン粒剤	0	0	0
	ピラゾレート粒剤	0	0	0

1) 1/10,000 a ポット試験。試験は1ポット3個体，ポットは各処理1反復。

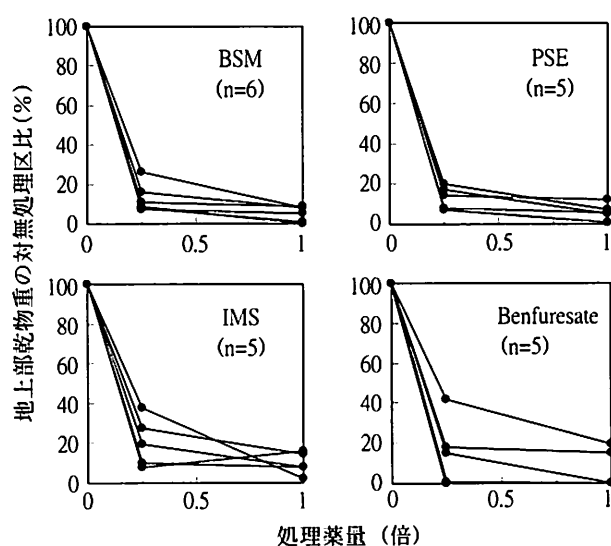
防除多年生雑草であったが、ピラゾール系除草剤やSU系除草剤の普及により現地水田で問題視される機会は減少してきた(宮原1992)。しかし、2004年に山形県と愛知県でウリカワが高密度で残草する水田が認められ、片岡ら(2010)によって調査が行われた。これによると、山形県内の2地点で採取されたウリカワは、対照の感受性系統に対してそれぞれ63倍、97倍の50%生育抑制濃度(GR₅₀値)を有し、ALS遺伝子のPro₁₉₇部位が変異していた。続いて、これらSU剤抵抗性のオモダカに対してもピラゾール系除草剤(ピラゾレート、ピラゾキシフェン、ベンゾフェナップ)やベンタゾンが有効であることがポット試験で確認された(内野ら2009)。

著者は、その後新たに市販された非SU系成分の効果を確認するために、SU剤抵抗性ウリカワを供試して防除試験を行った(松田ら2012)。試験はオモダカの場合と同様に塊茎からの発生始期に標準量の各種薬剤を処理し、1ヶ月後の地上部生育量を比較した。抵抗性の現地系統(地点ア、イ)はいずれも山形農総研内の感受性系統に比べてSU成分の効果が劣ったが、ピラクロニルやテフリトリオン、ピラゾレートの効果は高く、すべての個体が枯死した(第2表)。この結果から、ピラゾレートに加えてテフリトリオンやピラクロニルも、SU剤抵抗性ウリカワに対して高い除草効果を持つことが確認された。

以上より、ウリカワにおいてもSU剤抵抗性の発達が確認され、抵抗性ウリカワに対しては体系処理の推奨に加えて、有効性が確認された非SU系成分を含む有効な剤を用いた防除が重要であると考えた。

3. クログワイ

クログワイにおいては、これまでSU剤抵抗性の確認事例は認められないが、最近のまとまった調査事例もないことから、現地水田に発生する個体の感受性を調べた(松田2012)。調査地点は6地点、試験はポット試験とし、塊茎からの発生始期に標準量または0.25倍量の各種薬剤を処理し、1ヶ月間栽培後、地上部生育量を測定した。



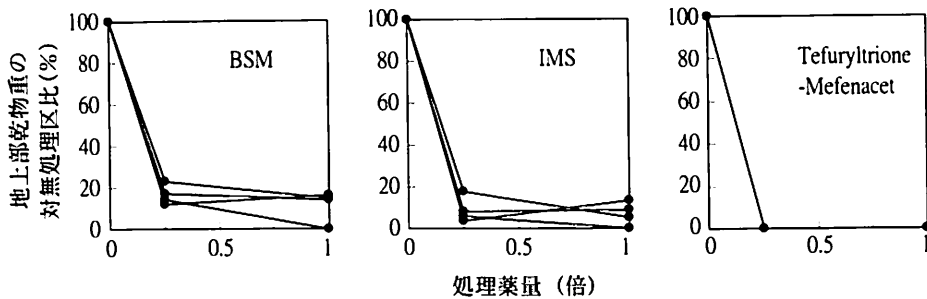
第3図 山形県内産クログワイのSU成分に対する感受性

- 1) 図中のnは供試系統数を示す。
- 2) 1/10,000 a ポット試験。試験は1ポット3個体，ポットは各処理1反復。

第3図はこのポット試験における薬量と生育量の関係を示す。BSM、PSE、IMSのいずれの成分でも、標準量、0.25倍量ともに対無処理区比は低く、標準量で19%以下、0.25倍量で37%以下であった。このことからオモダカやウリカワと異なり、クログワイではSU成分に対する感受性の低下は認められず、SU剤が有効であると判断した。クログワイは発生期間が長期にわたることから、クログワイに対してはSU剤も活用しながら、有効な前後処理剤との体系で防除することが対策の基本になると考えた。

4. シズイ

シズイは山形県内においては北部の中山間地域など一部の冷涼な地域で常発している。山形県内の4地点の多発田で個体を採取し、増殖した塊茎を用いてクログワイの場合と同様のポット試験を行った。その結果BSMとIMSのいずれの成分でも、標準量、0.25倍量ともに対無処理区比は低く、標準量で16%以下、0.25倍量で23%



第4図 山形県内産シズイのSU成分に対する感受性

- 1) 供試系統数4。
- 2) 1/10,000 aポット試験。試験は1ポット3個体、ポットは各処理1反復。
- 3) テフリルトリオン-メフェナセット処理区は非SU対照。すべて枯死。

以下であった(第4図)。なお、PSE処理区では抑制が弱い傾向が認められたが(データ示さず)、シズイではPSEに対する感受性がやや低い傾向が一般にみられると報告されている(内野2008)。これまで、シズイにおけるSU剤感受性の低下事例は認められていないが、低薬量条件での抑制不足や再生について報告がなされている(内野ら2007; 吉田・久保田2008)。以上から、シズイにおいても抵抗性の発達は認められないが、シズイは増殖率が高く、きわめて高い密度で生育しうることから、体系処理によって後発生や再生を抑えることが重要であると考えられる。

おわりに

雑草防除において、同一除草剤の長期連用を避けることは、抵抗性の発達の有無によらず重要である。それぞれの除草剤には効果の高い草種とそうでない草種があり、特定の除草剤を連用すると、その除草剤では防除しにくい雑草が増加する場合がある(雑草群落の遷移, Weed shift)(伊藤2013)。これは除草剤抵抗性の出現だけでなく除草剤による特定の競争種の除去によっても起こり、抵抗性よりも幅広い問題である。また、多年生雑草が多発する場合には体系処理を行わなければ塊茎密度を減らすことは困難である。最近では、性能の高い一発処理剤が市販され、一年生雑草の発生がよく抑えられている。特別栽培等の減農薬栽培による一発処理のみによる除草体系の増加は、農薬の使用回数を低減し、安心感のある農産物の販売に貢献しているが、反面その効果が切れた後は、多年生雑草の後発生や増殖に好適な条件となる。これらのことから、多年生雑草が多発する場合の防除には、草種を問わず、同一薬剤の長期連用の回避や体系処理が前提とされるが、草種によっては抵抗性の関与を考慮して有効な除草剤を適切に使用していくことが重要である。オモダカとウリカワではSU剤に対する抵抗性の発生が確認されたことから、初中期の除草剤成分の選択

の重要性が高く、一発処理剤を使用する際は、有効成分との混合剤を用いたり、有効な剤との体系としたり、長期連用を避ける等の留意が必要である。一方、クログワイとシズイでは、SU剤に対する明らかな感受性低下は認められなかったことから、SU剤も有効に活用しながら、体系防除に重点を置く必要がある。

大川ら(2013)が2012年9月に宮城県内の多数の現地圃場から稔実したイヌホタルイを採取し、発根法と実生法(青木・内野2008)および遺伝子解析によって検定したところ、Pro197が変異した抵抗性イヌホタルイが多く検出されたが、ごく一部の圃場からはALS阻害剤全般に幅広い抵抗性を示すTrp574変異型バイオタイプが検出された。本稿で調査した山形県内産のオモダカについても、ごく一部の系統はTrp574変異型であった(投稿準備中)。非SU系の成分によってこれらの防除が可能であることも確認されつつあるが、これらの事例は、新たな除草剤の普及にともない、SU剤に対する抵抗性からALS阻害剤に対する抵抗性へと問題の対象が拡張することを示している。

海外においては、ノビエの除草剤抵抗性は、雑草研究における大きな関心事とされている。近年、わが国においても、岡山県の乾田直播圃場においてシハロホップチル抵抗性ヒメタイヌビエおよびイヌビエ有芒種の発生が報告された(伊藤ら2011; 平山ら2012)。山形県では乾田直播の履歴が比較的短く、これらの発生が疑われた事例はまだ認められていないが(本県の乾田直播面積は2007年に27haから2013年に318haへと最近の増加が著しい)、乾田直播が長期的に継続して行われ、毎年入水前にシハロホップチル剤を用いる圃場では今後モニタリングの必要性が高まるかも知れない。

除草剤抵抗性の問題は以前からあった問題である。しかし水田作の技術体系や社会状況が変化し、流通する除草剤や使用方法が変化することによって、また抵抗性の機構の解明が進むことによって、除草剤抵抗性の問題には新たな側面が加わっている。SU剤からALS阻害剤へ

の拡張、新たな対象草種の出現といった、注意すべき新しい要素が加わっているのが最近の除草剤抵抗性問題の状況であるとする。海外を含めた東北地域内外の動向を注視していく必要がある。

引用文献

- 青木政晴・内野 彰 2008. 実生の生育を利用したイヌホタルイの抵抗性簡易検定法. 雑草研究 53(別) : 162.
- 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.
- Heap, I., H. Glick, L. Glasgow and W. Vencill 2013. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org/> (2013年10月17日アクセス確認)
- 平山智士・那須英夫・伊藤一幸 2012. 岡山市の水稲乾田直播地帯におけるシハロホップブチル抵抗性イヌビエ有芒種とヒメタイヌビエの分布. 雑草研究 57(別) : 127.
- 伊藤一幸・汪 光熙・大場伸一 1997. 山形県川西町におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性アゼトウガラシ *Lindernia micrantha* の分布. 雑草研究 42(別) : 18 - 19.
- 伊藤一幸・曾和祐介・那須英夫 2011. 岡山県西大寺の乾田直播水田でシハロホップブチル抵抗性ヒメタイヌビエの出現. 雑草研究 56(別) : 13.
- 伊藤一幸 2013. 水稲作における水田雑草の生態的順応と、技術革新により増えた雑草、減った雑草(4). 農業および園芸 88 : 917 - 920.
- 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葉量反応とアゼト乳酸合成酵素遺伝子における変異. 雑草研究 55 : 254 - 257.
- 古原 洋・汪 光熙・内野 彰 2011. アゼト乳酸合成酵素 (ALS) 阻害型除草剤抵抗性検定法. 日本雑草学会編「雑草科学実験法」, 東京, pp. 360 - 367.
- 児嶋 清・川名義明 2007. スルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草の発生動向 - 2004年全国アンケート調査結果から. 「2007最新除草剤・生育調節剤解説」, 日本植物調節剤研究協会編, 東京, pp. 18 - 23.
- 松田 晃 2012. 山形県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草の発生実態 - オモダカを中心とした調査. 植調 46 : 20 - 30.
- 松田 晃・内野 彰 2012 : 山形県において発生するスルホニルウレア系除草剤抵抗性ウリカワに対する各種除草剤成分の効果, 雑草研究 57(別) : 126.
- 松田 晃 2013. 山形県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性オモダカ (*Sagittaria Trifolia* L.) の発生. 東北の雑草 12 : 5 - 8.
- 三浦斗夢・春原由香里・内野 彰・松本 宏 2012. アゼ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.
- 宮原益次 1992. 「水田雑草の生態とその防除 - 水田作の雑草と除草剤解説」, 全国農村教育協会, 東京, pp. 59 - 65.
- 大川茂範・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.
- 大川茂範・北川蒼紘・青木大輔・内野 彰 2013. 宮城県の水稲作圃場における ALS 阻害剤交差抵抗性イヌホタルイの確認. 雑草研究 58(別) : 94.
- 大野修二・柳沢克忠・花井 涼・村岡哲郎 2004. スルホニルウレア系除草剤抵抗性簡易検定法としての地上部再生法の確立. 雑草研究 49 : 277 - 283.
- Powles, S. B. and Q. Yu 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annu. Rev. Plant Biol.* 61 : 317 - 347.
- 内野 彰・渡邊寛明・尾形 茂 2005. SU 抵抗性イヌホタルイおよびオモダカの ALS 変異と ALS 阻害型除草剤反応. 東北農業研究成果情報.
- 内野 彰・芝池博幸 2007. 水田雑草のスルホニルウレア系除草剤抵抗性とその進化. 種生物学会編著「農業と雑草の生態学 - 侵入植物から遺伝子組換え作物まで」. 文一総合出版, 東京, pp. 143 - 167.
- 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.
- 内野 彰 2008. スルホニルウレア系除草剤 (SU 剤) 連用圃場で残存したシズイ (*Scirpus nipponicus*) の SU 剤に対する反応. 東北の雑草 8 : 7 - 11.
- 内野 彰・柳川忠男・三浦 誠 2009. 数種多年生水田雑草におけるスルホニルウレア系除草剤および各種除草剤に対する反応. 平成 21 年度関東支部雑草防除研究会・関東雑草研究会合同研究会資料 : 46.
- 内野 彰・岩上哲史 2013. 水田雑草における除草剤抵抗性研究の現状. 平成 24 年度関東支部雑草防除研究会・関東雑草研究会合同研究会資料 : 20 - 23.
- 内山かおり 2010. 福島県におけるベ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. 日植調東北支部会報 45 : 18 - 19.
- 矢野真二・斉藤博行・内野 彰・伊藤一幸 2004. 山形県

- におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草の発生. 雑草研究 49(別) : 216 - 218.
- Yasuor, H., M.D. Osuna, A. Ortiz, N. E. Saldain, J. W. Eckert, A. J. Fischer 2009. Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass [*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.]. J. Agric. Food Chem. 57 : 3653 - 3660.
- 吉田修一・伊藤健二・権田重雄 2008. 水田雑草のスルホニルウレア系除草剤抵抗性簡易検定キットの開発. 雑草研究 53 : 143 - 149.
- 吉田修一・久保田紳 2008. 宮城県産シズイの数種除草剤に対する感受性. 雑草研究 53(別) : 20.

(2013年11月13日受理)