

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

松田 晃*

Geographical distribution of sulfonylurea resistant biotypes of *Sagittaria trifolia* L. in Yamagata, Japan

Akira Matsuda*

要約：山形県内の現地水田におけるオモダカ (*Sagittaria trifolia* L.) のスルホニルウレア (SU) 成分に対する感受性の実態を調査した。21 地点の現地水田で植物体を採取し、ベンスルフロンメチル、ピラゾスルフロンエチル、イマゾスルフロンについて地上部再生法により抵抗性を検定した。その結果、各地点のオモダカは、いずれかの SU 成分に対して感受性が低下している場合が多く、特にベンスルフロンメチルについては、強い抵抗性と判定された地点数の割合が高かった。SU 抵抗性オモダカは県内の全域で発生しており、発生地点によって各 SU 成分に対する感受性が異なることが示された。

キーワード：オモダカ, スルホニルウレア系除草剤, 抵抗性
Sagittaria trifolia L., sulfonylurea herbicides, resistance

はじめに

高等植物のアミノ酸代謝に関わるアセト乳酸合成酵素 (ALS) を標的とする ALS 阻害剤は、植物体のタンパク質合成を妨げ生育を停止し枯死させる除草剤成分で、世界で広く使われている。しかし一方で、ALS 阻害剤は少数の遺伝子の点変異で抵抗性が獲得され、抵抗性個体の選択圧が高いことから、抵抗性個体を増殖させる可能性が高いことでも知られており、抵抗性雑草発生の報告数や種数は他のどの除草剤成分のグループよりも多い (Tranel and Wright 2002; Heap et al. 2012; Vencill et al. 2012)。

なかでも、スルホニルウレア系除草剤 (SU 剤) は、わが国の水田において最も広く使用されてきた ALS 阻害剤である。SU 剤はその高い除草効果から全国で広く使用されるようになったが、連用されるに伴い、除草剤抵抗性の問題が顕在化してきた。わが国の水田雑草における SU 抵抗性バイオタイプの発生は、北海道のミズアオイではじめて報告されてから (古原ら 1996)、1997 年以降には東北地域を中心にアゼナやアメリカアゼナ、タケトアゼナ、アゼトウガラシといったアゼトウガラシ属の水田雑草から相次いで報告された。さらにその後もイヌホタルイやコナギといった強害雑草からも抵抗性バイオタイプが発見された。

山形県では、現地水田でのアゼナ類やアゼトウガラシの残草が問題視されたことを契機に 1996 年頃から調査が行われ、初めて SU 抵抗性バイオタイプの発生が確認された (伊藤ら 1997)。その後、県内各市町村の SU 抵抗性雑草の発生実態が調査され、イヌホタルイ、コナギ、アゼナ類のいずれも県内全域で抵抗性バイオタイプが発生していることが確認された (矢野ら 2004)。

2000 年頃からこれらの草種に有効な非 SU 系の除草剤成分の流通と使用が増えたことにより、SU 抵抗性雑草の問題は改善されてきた。ところが、近年では、これまで報告されてきた一年生雑草だけでなく、多年生雑草でも SU 抵抗性バイオタイプが見いだされるようになった。東北地方においては既に SU 抵抗性オモダカ (*Sagittaria trifolia* L.) の発生が報告されている (内野ら 2005, 内山 2010)。

一年生雑草のイヌホタルイ、コナギ、アゼナ類については抵抗性検定法として酵素活性法 (内野 2002) や発根法 (Hamamura et al. 2003) による簡易診断法が開発されているが、オモダカにはこれらの方法をそのまま適用できないため、塊茎を用いた土耕によるポット試験によらざるを得なかった。しかし近年、イヌホタルイやアゼナにおいて開発された地上部再生法 (大野ら 2004) がオモダカにおいても確立され (内野ら 2008)、塊茎による試

* 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

第1表 地上部再生法におけるオモダカの再生葉数

| 年 | 地点 | 無処理 | | | BSM | | | PSE | | | IMS | | | | | |
|------|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|
| | | 平均 | ± SEM | (n) | 平均 | ± SEM | (n) | 判定 | 平均 | ± SEM | (n) | 判定 | 平均 | ± SEM | (n) | 判定 |
| 2011 | 感受性対照 | 6.0 | ± 0.0 | (2) | 0.0 | ± 0.0 | (2) | S | 0.0 | ± 0.0 | (2) | S | 0.0 | ± 0.0 | (2) | S |
| | 抵抗性対照 | 6.5 | ± 0.5 | (2) | 7.5 | ± 0.5 | (2) | R | 6.0 | ± 0.0 | (2) | R | 6.0 | ± 0.0 | (2) | R |
| | 0 | 5.0 | ± 0.0 | (2) | 0.0 | ± 0.0 | (2) | S | 0.0 | ± 0.0 | (2) | S | 0.0 | ± 0.0 | (2) | S |
| 2010 | 1 | 5.7 | ± 0.7 | (3) | 0.5 | ± 0.5 | (2) | S | 0.0 | ± 0.0 | (2) | S | | | | |
| | 2 | 4.8 | ± 1.1 | (4) | 4.7 | ± 0.3 | (3) | R | 4.3 | ± 0.8 | (4) | R | | | | |
| | 3 | 5.0 | ± 0.4 | (4) | 4.3 | ± 0.5 | (4) | R | 2.0 | ± 1.2 | (4) | r | | | | |
| | 4 | 5.0 | ± 1.0 | (2) | 5.0 | ± 0.0 | (2) | R | 4.5 | ± 0.5 | (2) | R | | | | |
| | 5 | 5.0 | ± 0.6 | (3) | 4.0 | ± 0.0 | (2) | R | 4.0 | ± 0.0 | (3) | R | | | | |
| | 6 | 4.3 | ± 0.7 | (3) | 4.0 | ± 0.0 | (4) | R | 0.3 | ± 0.3 | (4) | S | | | | |
| | 7 | 4.3 | ± 0.3 | (3) | 5.0 | ± 0.6 | (3) | R | 4.7 | ± 0.3 | (3) | R | | | | |
| | 8 | 5.8 | ± 0.7 | (3) | 0.0 | ± 0.0 | (4) | S | 0.0 | ± 0.0 | (4) | S | | | | |
| | 9 | 7.0 | ± 0.0 | (4) | 0.3 | ± 0.3 | (4) | S | 0.0 | ± 0.0 | (4) | S | | | | |
| | 10 | 6.0 | ± 0.4 | (4) | 4.0 | ± 1.0 | (3) | R | 5.5 | ± 0.3 | (4) | R | | | | |
| | 11 | 4.3 | ± 0.3 | (4) | 5.5 | ± 0.3 | (4) | R | 5.0 | ± 0.4 | (4) | R | | | | |
| 2011 | 12 | 5.8 | ± 0.6 | (4) | 5.5 | ± 0.3 | (4) | R | 3.0 | ± 1.2 | (4) | r* | 3.5 | ± 1.5 | (4) | R* |
| | 13 | 3.7 | ± 0.3 | (3) | 3.3 | ± 0.3 | (3) | R | 0.0 | ± 0.0 | (4) | S | 2.0 | ± 0.7 | (4) | r |
| | 14 | 5.3 | ± 0.3 | (4) | 4.0 | ± 0.6 | (3) | R | 0.3 | ± 0.3 | (4) | S | 2.3 | ± 0.9 | (4) | r |
| | 15 | 4.5 | ± 0.3 | (4) | 4.5 | ± 0.3 | (4) | R | 0.5 | ± 0.3 | (4) | S | 2.3 | ± 0.9 | (4) | r |
| | 16 | 5.0 | ± 0.4 | (4) | 5.3 | ± 0.5 | (4) | R | 0.0 | ± 0.0 | (4) | S | 0.0 | ± 0.0 | (4) | S |
| | 17 | 4.8 | ± 0.4 | (5) | 2.8 | ± 1.2 | (6) | R | 1.2 | ± 0.7 | (6) | r* | 0.8 | ± 0.8 | (5) | r* |
| | 18 | 5.3 | ± 0.3 | (3) | 3.3 | ± 1.1 | (4) | R* | 2.8 | ± 1.6 | (4) | R* | 2.8 | ± 1.4 | (4) | R* |
| | 19 | 5.3 | ± 0.6 | (6) | 0.8 | ± 0.8 | (6) | S | 0.3 | ± 0.2 | (6) | S | 0.0 | ± 0.0 | (6) | S |
| | 20 | 4.0 | ± 0.0 | (4) | 5.0 | ± 0.4 | (4) | R | 4.5 | ± 0.5 | (4) | R | 4.0 | ± 0.0 | (4) | R |
| | 21 | 5.3 | ± 0.3 | (4) | 5.0 | ± 0.0 | (4) | R | 0.3 | ± 0.3 | (4) | S | 0.3 | ± 0.3 | (4) | S |

1) 数値は平均±標準誤差(個体数)を示す。

2) 感受性対照, 抵抗性対照は秋田県大仙市産。地点0は山形農総研セ場内ほ場。地点1~21は県内現地水田。

3) 判定はR強い抵抗性, r弱い抵抗性, S感受性を示す。*は感受性個体と混在していたことを示す。

4) 2010年はIMSを供試しなかった。

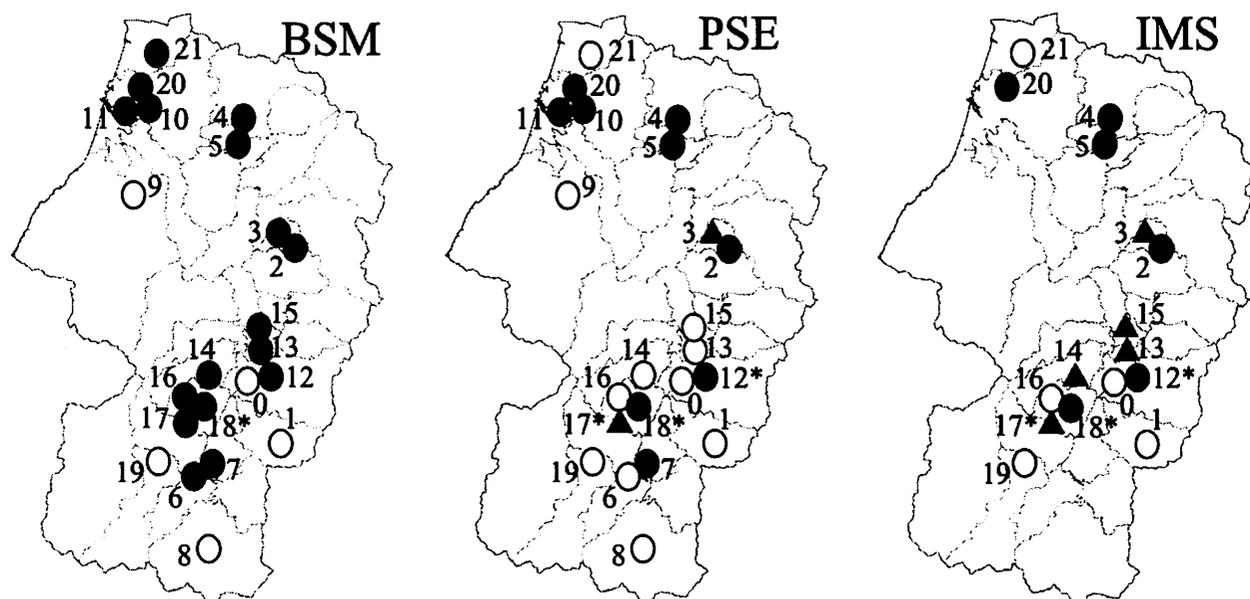
験を行わなくても生育期間中に検定結果を得ることが可能となった。

山形県では、近年現地水田におけるオモダカの残草が目立つと問題視されるようになったが、その要因にSU抵抗性が関与しているかどうか、調査はほとんど行われていなかった。そこで、県内現地水田に発生するオモダカのSU成分に対する感受性の実態を調査した。

材料と方法

2010年と2011年の両年に、6月末から7月上旬にかけて、県内の21地点において、一発処理除草剤が適正に処理され、オモダカが主に残草している水田から、矢じり葉抽出後のオモダカ個体を採取した。抵抗性検定は、地上部再生法(内野ら2008)によって行った。山形県農

業総合研究センター水田土壌(灰色低地土, 埴壤土)を1/10,000a(1L容)プラスチックポットに充填し、代かき後、採取したオモダカを2~3個体移植した。検定に用いた成分はベンスルフロンメチル(bensulfuron-methyl: 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)とした。薬剤はBSM・メフェナセット3キロ粒剤(有効成分含有率各0.25%, 4.0%), PSE3キロ粒剤(同0.07%), IMS3キロ粒剤(同0.3%)をそれぞれ乳鉢で磨砕して供試した。オモダカ移植2~3日後に5cmの高さで地上部を切断し、湛水し、薬剤を処理した。処理量は3キロ粒剤の標準葉量に相当する量として、ポット当たり30mgを処理した。IMSは2011年のみ検定した。処理後、雨が当たらない網室内に静置し、湛水状態に保ち、処理3~4週間後に再生葉数を記録した。試験は各処理区2反復で行った。



第1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, ○感受性を示す。*は感受性個体と混在していたことを示す。
- 3) 一部の地点(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年に行うことによって判定した。

結果と考察

第1表は各地点のオモダカの地上部再生法における再生葉数を示す。いずれの地点も無処理区では新葉の再生が認められたが、薬剤処理区では地点により新葉の再生に差異が認められた。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(例:地点1 BSM, PSE)。一方、SU剤を処理したにもかかわらず無処理区と同等の旺盛な再生を示した場合には、強い抵抗性と判定した(例:地点2 BSM, PSE)。また、抑制されながらも数葉の再生を示した場合には、弱い抵抗性と判定した(例:地点3 PSE)。新葉が再生する個体とまった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た(例:地点12 PSE, IMS)。

BSMに対する感受性が低下していた地点は多く、21地点中17地点で強い抵抗性と判定され、高い割合にのぼった。一方、PSE, IMSに対する感受性は地点によって異なった。例えば、地点20のオモダカはBSM, PSE, IMS処理区のいずれに対しても強い抵抗性であると判定されたが、地点21のオモダカはBSMに対して強い抵抗性、PSEとIMSに対して感受性と判定された。地点15のオモダカはBSMに対して強い抵抗性、PSEに対して感受性、IMS処理区に対して弱い抵抗性と判定された。これらはいずれも、いずれかのSU成分が効かない点で「SU抵抗性」と呼ぶことができるが、成分毎の感受性は地点によって異なり、PSEやIMSでは感受性や弱い抵抗性の割合が高かった。

オモダカでは、BSMとPSEの両方に強い抵抗性を示す場合だけでなく、BSMに抵抗性を示してもPSEに感受性の場合がみられ、バイオタイプによって各SU成分による抵抗性に強弱があることが既に知られている(内野ら2005)。各地点のオモダカの抵抗性検定判定結果を成分別に地図として第1図に示した。この結果から、SU抵抗性オモダカは県内の全域で発生しており、さらに発生地点によって各SU成分に対する感受性が異なることが明らかになった。

除草剤使用履歴との関係では、抵抗性オモダカの発生には同一薬剤の連用が関係していることが予想される。今回の事例では、オモダカの調査地点14, 15を含む地区では、地区の多くの水田でBSM混合剤の連用が行われてきた。これら2地点のオモダカがBSMに強い抵抗性、PSEに感受性、IMSに弱い抵抗性を示したことは、地区全体の除草剤使用履歴を反映していると推察された。

オモダカは塊茎からの不斉一な発生により後次発生が多い生態的特徴を有する。従って近年主流となっている一発処理剤中心の防除では後次発生を防ぎきれず残草する可能性が高い。このため、抵抗性の有無にかかわらず、オモダカが多発している場合には一発処理剤のみによる防除は困難であり、有効な前処理剤やベンタゾン液剤等の後処理剤と組み合わせて防除することが重要である。今回の結果は、このような発生生態的要因に加えて、SU抵抗性の獲得のリスクも考慮して防除対策を講じる必要があることを示す。SU抵抗性が疑われる場合は、除草剤の選択において、非SU型の有効成分を含む除草

剤を使用することによって防除の効果を高めることができる。と考える。

今後も引き続き、注意深く現場の状況を観察し、除草剤の感受性低下状況のモニタリングを行う必要がある。

謝 辞

調査にあたりご指導頂いた農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センターの内野彰博士に感謝いたします。

引用文献

- Hamamura K, Muraoka T, Hashimoto J, Tsuruya A, Takahashi H, Takeshita T and Noritake K 2003. Identification of sulfonylurea-resistant biotypes of paddy field weeds using a novel method based on their rooting responses. *Weed biology and Management* 3 : 242 - 246.
- Heap I, Glick H, Glasgow L and Vencill W 2012. International Survey of Herbicide Resistant Weeds.
URL <http://www.weedscience.org>.
- 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.
- 古原 洋・山下秀男・山崎信弘 1996. 北海道における水田雑草ミズアオイのスルホニルウレア系除草剤抵抗性. *雑草研究* 41(別 1): 236 - 237.
- 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.
- Tranel P J and Wright T R 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: What have we learned? *Weed Science*. 50 : 700 - 712.
- 内野 彰 2002. スルホニルウレア系除草剤抵抗性水田雑草の ALS 活性を用いた迅速検定法の確立. *雑草研究* 47 : 197 - 201.
- 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 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・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.
- Vencill A K, Nichols R L, Webster T M, Sorters J K, Mallory-Smith C, Burgos N R, Jhonson W G and McClelland M R, Herbicide resistance 2012. Toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. *Weed Science* 60 Special Issue : 2 - 30.
- 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.

(2012年11月29日受理)