

# 愛知県の水稲不耕起V溝直播栽培におけるシハロホップブチル抵抗性ノビエの発生状況と対策について

愛知県農業総合試験場  
作物研究部作物研究室  
柏木 啓佑



図-2 V直圃場におけるシハロホップブチル抵抗性ノビエ

乾田直播圃場におけるヒメタイヌビエ (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. var. *formosensis* Ohwi) (那須・伊藤 2017) が確認され、近年複数の県でも報告されていることから、愛知県でもシハロホップブチル抵抗性ノビエの発生が疑われる。本稿では、2020～2022年に実施した県内のシハロホップブチル抵抗性ノビエについての調査結果と、防除に有効な除草剤について紹介する。

## 試験 1 シハロホップブチル抵抗性が疑われたV直圃場での現地調査

2020年にシハロホップブチル抵抗性をもつイヌビエの発生が疑われた生産者のV直圃場で、シハロホップブチルを含む複数の除草剤を供試し、防除効果を確認した。

イネ出芽前の2020年4月23日に圃場全面にグリホサートイソプロピルアミン塩41.0%液剤(500mL/50L/10a)を処理した後、5月に表-1のとおり各薬剤を処理した(各剤60m<sup>2</sup>×2反

## はじめに

愛知県の水稲作付面積は、28,500haであり(農林水産省 2022)、そのうち約3,900haが不耕起V溝直播栽培(以下、V直)による作付である。V直は農閑期である冬季の整地作業、および時速5～6km程度の高速播種が可能である高い省力性から、愛知県内の大規模水田作経営体における水稲栽培の基幹となっている。V直における除草体系は、イネ播種後出芽直前のグリホサート剤、入水5日前頃のシハロホップブチル剤、入水後の初中期一発処理除草剤(以下、一発剤)の3回の除草剤処理により構成される(愛知県農業総合試験場 2007)(図-1)。V直では中干しを行わないため、本体系で適切に雑草を防除できれば、その後湛水管理で雑草の発生を抑制できる。本体系は高い雑草防除効果からV直の

導入以来、20年近く取り組まれてきた。特にシハロホップブチル剤はイネ科雑草に対する高い除草効果を有するほか、水稲との選択性も高いため、本県を含む日本各地で長らく使用されてきた。しかし近年、愛知県内の一部のV直圃場では入水前のシハロホップブチル剤処理後に枯死しないノビエが散見され、除草作業の負担増大や水稲の収量・品質低下等が問題となっており、有効な代替除草剤の選定が求められている(図-2)。シハロホップブチルに対する抵抗性をもつノビエは、米国(カリフォルニア州)でタイヌビエ(*Echinochloa oryzicola* Vasing.) (Ruiz-Santaelia *et al.* 2006)をはじめ、トルコでタイヌビエ(Altop *et al.* 2014)、韓国(Won *et al.* 2014)、ブラジル(Eberhardt *et al.* 2016)でイヌビエ(*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. var. *crus-galli*)等が確認されている。日本国内では、岡山県の水稲

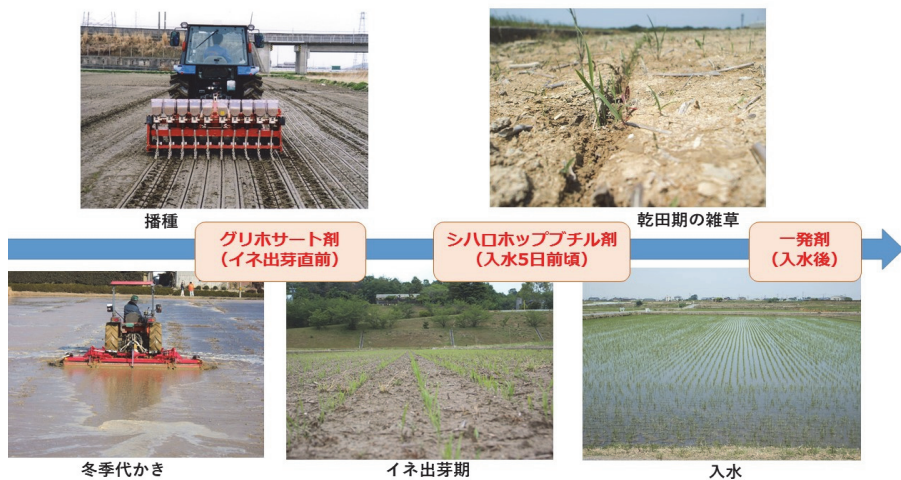


図-1 水稲不耕起V溝直播栽培の雑草防除体系

表-1 各供試薬剤の処理時期および処理内容

供試した試験	処理時のノビエ葉齢	供試薬剤 (薬量/水量/10a)	略称
1, 2	5	シハロホップブチル30.0%乳剤(100mL/100L, 展着剤加用 <sup>1)</sup> )	C剤
1, 2	5	ペノキススラム3.6%水和剤(100mL/100L)	PE剤
1, 2	5	ビスピリバックナトリウム塩2.0%液剤(200mL/100L)	B剤
1	5	メタミホップ4.9%乳剤(200mL/100L)	M剤
1	3	プロパニル35.0%乳剤(1100mL/50L)	PR剤
2	5	フロルピラウキシフェンベンジル2.7%乳剤(200mL/100L)	F剤
3	8	フルアジホップP17.5%乳剤(100mL/100L, 展着剤加用 <sup>1)</sup> )	FP剤
3	8	キザロホップエチル7.0%水和剤(300mL/100L)	Q剤
3	8	セトキシジム20.0%乳剤(200mL/100L)	S剤
3	出芽前	ジメテナミドP64.0%乳剤(120mL/100L)	D剤
3	出芽前	ジメテナミドP8.5%・リニュロン12.0%乳剤(600mL/100L)	DR剤
3	出芽前	プロメトリン5.0%・ベンチオカーブ50.0%乳剤(1000mL/100L)	PB剤
3	出芽前	トリフルラリン44.5%乳剤(300mL/100L)	T剤

1) ポリオキシエチレンドデシルエーテル30%(300mL/10a)

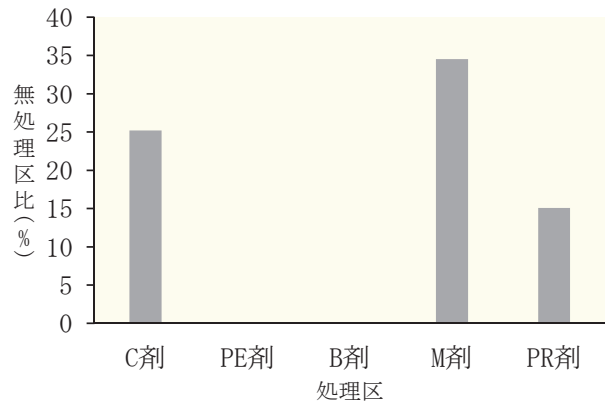


図-3 各区のイヌビエ地上部乾物重の無処理区比 (試験 1)

復)。処理時期は使用基準上のノビエの晩限葉齢とし、PR剤のみノビエ3葉期の5月5日に、C剤、PE剤、B剤、M剤の4剤はノビエ5葉期の5月14日に背負式手動噴霧器 (RW-15DX, KOSHIN) を用いて処理した。入水後の5月23日に全区にピリミノバックメチル0.45%・プロモブチド9.0%・ベンスルフロンメチル0.51%・ペントキサゾン2.0%粒剤(1kg/10a)を処理した。現地慣行の除草管理では、シハロホップブチル剤処理5日後に入水し、10日後に一発剤を処理するため、供試薬剤の防除効果のみを評価することが困難である。このため、本試験では一発剤処理10日後の6月2日に枯死していないノビエの地上部乾物重を調査し、無処理区の地上部乾物重で除した値を「無処理区比」として防除効果を評価した。なお、新葉まで枯れあがり、分けつの再生も見られず、生育が完全に停止したものを枯死個体と判定した。供試薬剤処理時の各区のノビエ発生本数は420本/m<sup>2</sup>程度であった。

試験結果を図-3、図-4に示す。C剤区では枯死しなかったイヌビエが見られ、無処理区比は25%であった。このため、試験圃場ではシハロホップブチル抵抗性イヌビエが発生していると考えられた。また、M剤区の無処

理区比は35%であり、C剤区と似た傾向を示した。このことから、試験圃場の抵抗性イヌビエはシハロホップブチルと同じアセチル CoA カルボキシラーゼ阻害剤 (以下、ACCase 阻害剤) であるメタミホップに対する抵抗性も有すると考えられ、メタミホップによる防除は困難であると考えられた。PR剤区でも枯死しなかったイヌビエが見られ、無処理区比は15%であった。目視による観察結果では、PR剤区で処理後のイヌビエに対する高い枯殺効果、および処理後入水前の後発イ

ヌビエの発生が確認された。以上のことから、PR剤区は3葉期処理で他剤と比べ処理時期が早く、入水までの期間が長かったため、後発のイヌビエが一発剤処理時に高葉齢となり、防除効果が低下したと考えられた。このため、V直の除草体系に組み込む場合は、岡山県のシハロホップブチル抵抗性ヒメタイヌビエに有効とされているブタクロール乳剤 (Iwakami *et al.* 2015) 等の土壌処理剤を活用し、入水まで除草効果を維持する方法を検討する必要があると考えられた。PE剤区、B剤区

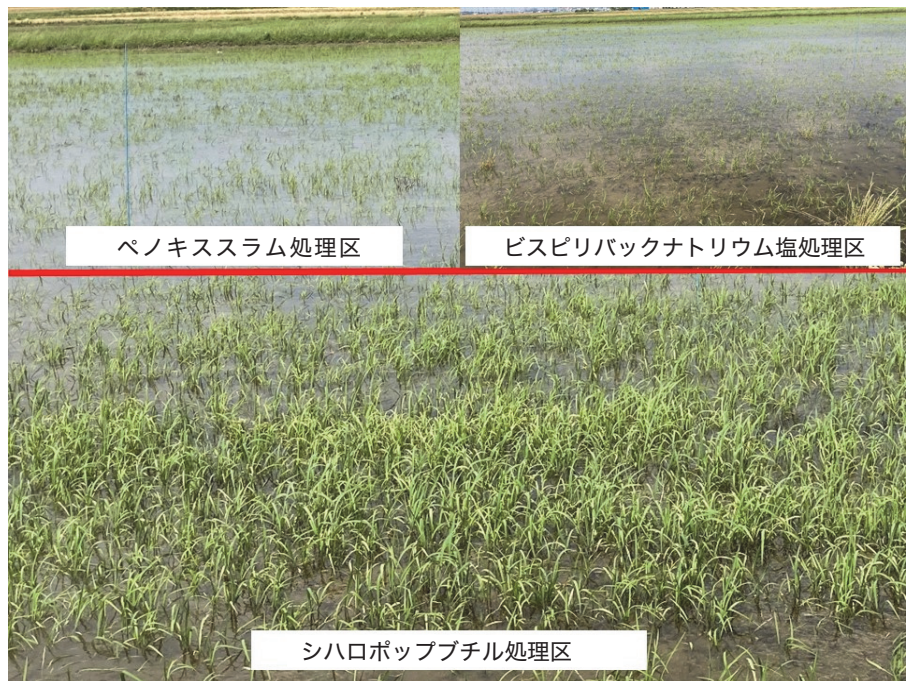


図-4 調査時のC剤区とPE剤区、B剤区の様子



では調査時にイヌビエが見られなかったため、これら2剤はシハロホップブチル抵抗性イヌビエの防除に有効であると考えられた。

## 試験2 愛知県内におけるシハロホップブチル抵抗性ノビエの発生状況と有効な代替除草剤に関する調査

愛知県内のV直圃場におけるシハロホップブチル抵抗性ノビエの発生状況を確認するため、県内各地から抵抗性が疑われるノビエを収集し、抵抗性の有無、および有効な代替除草剤を調査した。

2020年7月から9月に愛知県内各地のV直圃場でシハロホップブチル剤処理後に枯死しなかったノビエ複数個体から種子(小穂)を採取し、「植調雑草大鑑」(浅井 2015)を参考に草丈、花序の形状、芒の有無等、外観から種を同定した。採取圃場は農家への

聞き取りから、V直導入後10年程度シハロホップブチル剤を使用し、処理後に枯死しなかったノビエが多い圃場を県西部の尾張地域9地点(No.1~9)、中央部の西三河地域15地点(No.10~24)、東部の東三河地域2地点(No.25~26)の計26地点選定した。採取した種子は自然乾燥後に休眠打破処理として、4℃の水中で3か月程度保存した。

試験は2021年4月から10月にかけて、愛知県長久手市の愛知県農業総合試験場作物研究部のガラス温室において行った。ノビエ種子と水を入れたビーカーを30℃の恒温器に入れて発芽処理を行い、発芽後1葉期の時点で水稲用育苗培土(くみあい肥鉄培土2号, JA あいち経済連)を深さ5cmに詰めたプラスチックバット(縦23cm×横40cm×深さ12cm)に10個体ずつ移植した。その後、全サンプルに対し、表-1のとおりC剤, PE剤,

B剤, F剤を処理した。処理20日後に10個体の枯死を判定するとともに地上部乾物重を測定した。対照には、愛知県農業総合試験場内で採種し、事前に全ての供試薬剤の有効性を確認した感受性イヌビエを用いた。

試験結果を表-2, 図-5, 図-6に示す。県内各地から収集したノビエはいずれもイヌビエであった。26地点中、尾張, 西三河, 東三河を含む18地点のイヌビエで枯死率が100%となら



図-5 シハロホップブチル抵抗性ノビエが確認された市町

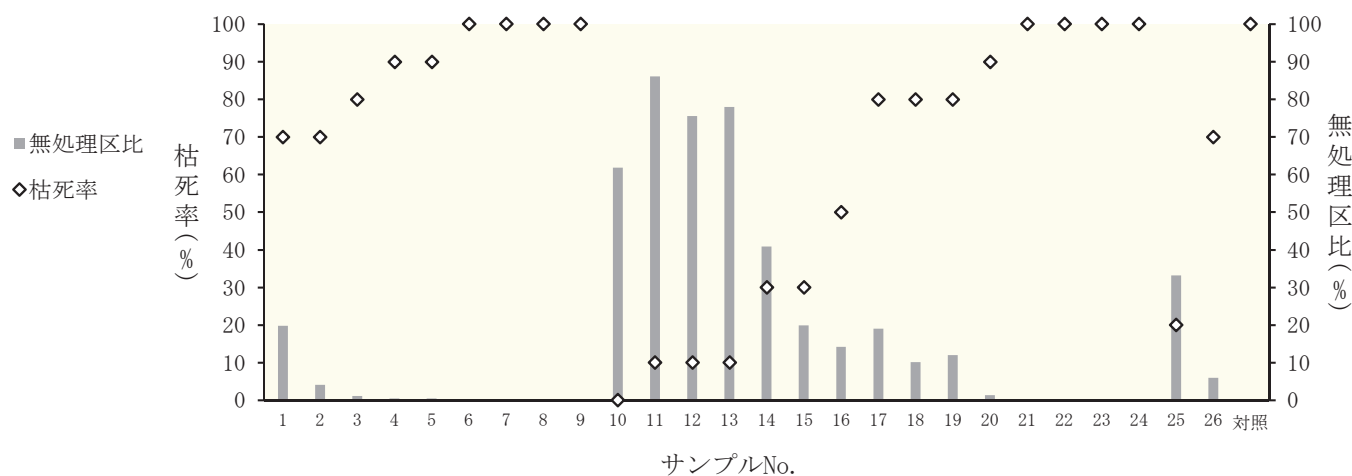
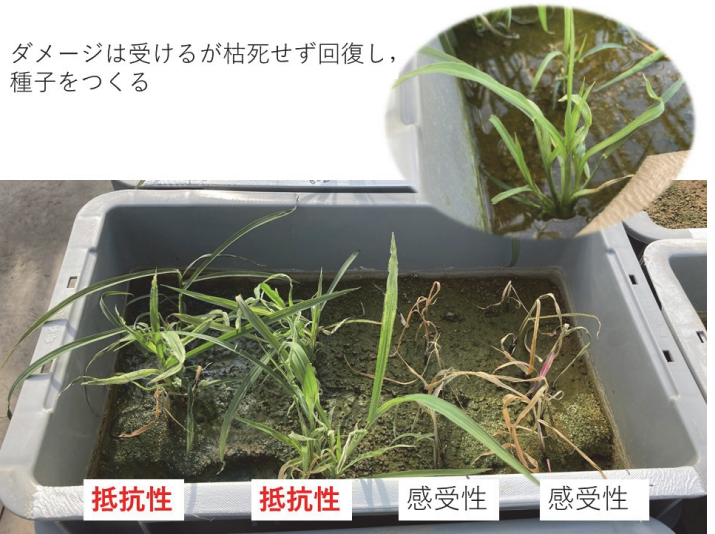


図-6 C剤処理における枯死率および無処理区比(試験2)

表-2 ノビエ分類と各薬剤に対する枯死率（試験2）

サンプルNo.	地域	ノビエ分類	C剤	PE剤	B剤	F剤
			枯死率	枯死率	枯死率	枯死率
			%	%	%	%
1	名古屋市	イヌビエ	70	100	100	100
2	稲沢市	イヌビエ	70	100	100	100
3	長久手市	イヌビエ	80	100	100	100
4	名古屋市	イヌビエ	90	100	100	100
5	稲沢市	イヌビエ	90	100	100	100
6	名古屋市	イヌビエ	100	100	100	100
7	名古屋市	イヌビエ	100	100	100	100
8	名古屋市	イヌビエ	100	100	100	100
9	名古屋市	イヌビエ	100	100	100	100
10	豊田市	イヌビエ	0	100	100	100
11	豊田市	イヌビエ	10	100	100	100
12	安城市	イヌビエ	10	100	100	100
13	刈谷市	イヌビエ	10	100	100	100
14	安城市	イヌビエ	30	100	100	100
15	安城市	イヌビエ	30	100	100	100
16	西尾市	イヌビエ	50	100	100	100
17	西尾市	イヌビエ	80	100	100	100
18	安城市	イヌビエ	80	100	100	100
19	豊田市	イヌビエ	80	100	100	100
20	豊田市	イヌビエ	90	100	100	100
21	知立市	イヌビエ	100	100	100	100
22	知立市	イヌビエ	100	100	100	100
23	西尾市	イヌビエ	100	100	100	100
24	岡崎市	イヌビエ	100	100	100	100
25	豊橋市	イヌビエ	20	100	100	100
26	豊橋市	イヌビエ	70	100	100	100
対照	農総試	イヌビエ	100	100	100	100



ダメージは受けるが枯死せず回復し、種子をつくる

図-7 調査時のシハロホップブチル抵抗性ノビエの様子（試験2）

ず、これらの地域ではシハロホップブチル抵抗性イヌビエが発生していると考えられた。また、C剤処理による枯死率に0～90%の幅があり、同じ枯死率のサンプル間にも無処理区比にバラつきがみられた。したがって、抵抗性イヌビエに対するC剤処理による生育阻害程度は圃場間で異なると考えられた。岡山県のヒメタイヌビエには抵抗性程度の異なる複数のシハロホップブチル抵抗性バイオタイプが存在することが報告されている(Iwakami et al. 2015)。以上のことから、愛知県内には抵抗性レベルの異なる複数のシハロホップブチル抵抗性バイオタイプが存在する可能性が示唆された。また、県内各地域でシハロホップブチル抵抗性イヌビエが確認されたことから、シ

ハロホップブチル剤を10年程度の長期にわたり使用することで、地域によらず抵抗性個体は発生し得ると考えられた。一方、防除に有効と考えられたPE剤、B剤に加え、F剤処理でもイヌビエの枯死率が100%となり、高い防除効果を示した。したがって、これら3剤はシハロホップブチル抵抗性イヌビエの防除に活用できると考えられた。

### 試験3 大豆作におけるシハロホップブチル抵抗性イヌビエに有効な除草剤の検討

愛知県では水稲-小麦-大豆の体系で輪作が取り組まれており、水稲作でシハロホップブチル抵抗性ノビエが発生した圃場では、大豆作においても発

生すると考えられる。大豆作においてはノビエ防除にシハロホップブチルと同じACCase阻害剤が用いられることがあり、防除効果の低下が懸念される。このため、シハロホップブチル抵抗性イヌビエに対し、複数の除草剤を供試し、防除効果を確認した。

試験は2022年4月から8月にかけて、愛知県長久手市の愛知県農業総合試験場作物研究部のガラス温室において行った。試験2でシハロホップブチル抵抗性を確認したノビエの種子、および上記サンプルの採取地点のうち、2022年産の大豆作圃場(No.13～15)で自生し、8月に作土ごと掘り上げたノビエを前述の方法によりプラスチックバットで栽培し、8葉期に表-1のとおりFP剤、Q剤、S剤をそ

表-3 枯死率および地上部乾物重 (試験 3 種子発芽個体)

サンプル No.	FP剤		Q剤		S剤	
	枯死率	無処理区比	枯死率	無処理区比	枯死率	無処理区比
	%	%	%	%	%	%
1	100	-	100	-	100	-
2	100	-	100	-	100	-
3	種子量不足により未実施					
4	100	-	100	-	100	-
5	100	-	100	-	100	-
10	40	54	70	39	100	-
11	0	65	80	13	100	-
12	0	72	10	44	100	-
13	10	67	100	-	100	-
14	10	48	30	40	100	-
15	100	-	100	-	100	-
16	100	-	100	-	100	-
17	100	-	100	-	100	-
18	100	-	100	-	100	-
19	100	-	100	-	100	-
20	100	-	100	-	100	-
25	100	-	100	-	100	-
26	100	-	100	-	100	-
対照	100	-	100	-	100	-

表-5 出芽数および出芽率 (試験 3)

サンプル No.	出芽数					
	無処理	出芽率(%)	D剤	DR剤	PB剤	T剤
	本	本	本	本	本	本
1	32	64	0	0	0	0
2	24	48	0	0	0	0
3	種子量不足により未実施					
4	24	48	0	0	0	0
5	16	32	0	0	0	0
10	19	38	0	0	0	0
11	46	92	0	0	0	0
12	48	96	0	0	0	0
13	46	92	0	0	0	0
14	41	82	0	0	0	0
15	42	84	0	0	0	0
16	39	78	0	0	0	0
17	49	98	0	0	0	0
18	45	90	0	0	0	0
19	47	94	0	0	0	0
20	27	54	0	0	0	0
25	17	34	0	0	0	0
26	44	88	0	0	0	0
対照	47	94	0	0	0	0

表-4 枯死率および地上部乾物重 (試験 3 現地掘り上げ個体)

サンプル採 取地点 No.	FP剤		Q剤		S剤	
	枯死率	無処理区比	枯死率	無処理区比	枯死率	無処理区比
	%	%	%	%	%	%
13	50	33	100	-	100	-
14	70	42	50	15	100	-
15	100	-	100	-	100	-
対照	100	-	100	-	100	-

それぞれ処理し、枯死率により防除効果を評価した。また、土壌処理剤であるD剤、DR剤、PB剤、T剤については、水稲育苗用のポット育苗箱に培土を詰め、同ノビエ種子を1ポット当たり1粒、各サンプル50粒ずつ播種、覆土し、覆土の上から表-1のとおり処理した。各区、処理30日後に出芽したノビエの数を数え、無処理区の本数を100%とした比率から、防除効果を評価した。灌水は育苗箱底面からの給水により行った。

試験結果を表-3、表-4、表-5に示す。茎葉処理剤については、No.10,11,12,14はFP剤、Q剤の2剤、No.13はFP剤のみで枯死率が100%とならず、そ

他のサンプルは全ての剤で枯死率が100%となった。また、現地大豆圃場から掘り上げたノビエも同様にNo.14はFP剤とQ剤、No.13はF剤のみで枯死率が100%とならなかった。このことから、本県のシハロホップブチル抵抗性イヌビエには複数のバイオタイプが存在し、一部はFP剤、Q剤に対し抵抗性を有すると考えられた。一方、S剤は全てのサンプルで枯死率が100%となり、高い防除効果を示した。FP剤、Q剤、S剤はいずれもACCase阻害剤であるが、化学的な分類では、FP剤、Q剤がシハロホップブチルと同じアシルオキシプロピオン酸エステル系(FOPs)、S剤

がシクロヘキサジオン系(DIMs)である。本試験においてS剤のみ高い防除効果が認められたことから、供試したサンプルの抵抗性はFOPsの代謝経路の変異によるものである可能性が高いと考えられた。

土壌処理剤については、出芽率が50%以下のサンプルもあったが、供試した4剤全てで出芽個体が見られなかった。したがって、これら4剤は防除に活用できると考えられた。

## 4 まとめ

本研究の結果、愛知県のV直圃場においてシハロホップブチル抵抗性イヌビエが発生していることが明らかとなり、防除に有効な代替除草剤として、ペノキスラム、ビスピリバックナトリウム塩、フロルピラウキシフェンベンジルの3剤が有効であると考えられた。また、シハロホップブチル抵抗性イヌビエは輪作の大豆作においても発生が認められ、大豆作においては、セトキシジム、および土壌処理剤であ

るジメテナミド,ジメテナミド・リニュロン,プロメトリン・ベンチオカーブ,トリフルラリンが有効であると考えられた。ただし,国内で複数の除草剤に対する交差抵抗性を持つヒメタイヌビエが報告されている(Iwakami *et al.* 2015)。抵抗性発達のメカニズムは未だ不明な点が多いが,複数年にわたる連用は大きな要因となりうる(深野ら 2021)ため,防除に当たってはこれらの剤を隔年で使用するほか,大豆作における中耕等の耕種的防除を組み合わせる等の対策が必要と考えられた。

本研究は公益財団法人日本植物調節剤研究協会「植物調節剤の研究開発事業に関わる試験研究課題」により実施した。本文や図表は日本雑草学会誌「雑草研究」68巻2号に掲載された内容

(柏木ら 2022)を一部改変した。

## 引用文献

- 愛知県農業総合試験場 2007. 不耕起V溝直播栽培の手引き(改訂第4版). 農業の新技术 No.74, 33-37.
- Altop, E.K. *et al.* 2014. Detecting ALS and ACCase herbicide tolerant accession of *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch. in rice (*Oryza sativa* L.) fields. Crop Protection Volume 65, 202-206.
- 浅井元朗 2015. 「植調雑草大鑑」. 全国農村教育協会, 東京, 18-19.
- Eberhardt, D.S. *et al.* 2016 Barnyardgrass with multiple resistance to synthetic Auxin, ALS and ACCase inhibitors. Planta Daninha Volume34, 823-832.
- 深野祐也ら 2021. 除草剤抵抗性雑草の進化生態学的研究の現状と今後の展望. 雑草研究 66, 59-71.
- 柏木啓佑ら 2022. 愛知県の水稲乾田直播栽培におけるシハロホップブチル抵抗性イ

ヌビエ (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. var. *crus-galli*) の防除に有効な代替除草剤の検討. 雑草研究 68, 55-59.

那須英夫・伊藤一幸 2017. 岡山県の水稲乾田直播水田におけるシハロホップブチル抵抗性ヒメタイヌビエに対する防除対策の構築. 植物防疫 72, 30-34.

農林水産省 2022. 作物統計調査(2022). (2023年10月13日アクセス確認). <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>.

Ruiz-Santaelia, J.P. *et al.* 2006. Resistance mechanisms to cyhalofop-butyl in a biotype of *Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss. from California. Journal of Plant Diseases and Protection 20, 95-100.

Won, O.J. *et al.* 2014. Identification of Herbicide-Resistant Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*) Biotypes in Korea. Weed & Turfgrass Science 3, 110-113.