

水稲移植栽培における除草剤体系処理による 特定外来生物ナガエツルノゲイトウの防除技術

農研機構植物防疫研究部門
雑草防除研究領域 雑草防除グループ
井原 希

はじめに

ナガエツルノゲイトウ (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.) は南米原産のヒユ科の多年生雑草である (図-1)。世界 30 カ国以上に分布し、河川や湖沼などの水辺や農地等で大群落を形成し、生態系や治水、作物生産上の雑草害を引き起こす (Tanveer *et al.* 2018)。国内への侵入は 1989 年にはじめて報告され、2024 年までに 25 都府県で確認されている (国立環境研究所 2024)。本種は国内の水稲栽培ほ場にも侵入し、除草剤の種類に



図-1 ナガエツルノゲイトウ



図-2 春耕前の水田に出芽するナガエツルノゲイトウ (黄矢印, 2021 年 4 月 8 日撮影)

よっては初期剤や初中期一発剤では防除できず、後期剤を散布しても再生する場合があると確認されている (中村 2010)。

本種は原産地以外ではほとんど種子生産せず、国内での種子生産も確認されていない。節を含む茎や根からの栄養繁殖で増殖し (Tanveer *et al.* 2018), わずか 1 ~ 2 cm の切断茎や根の断片からも再生可能である (Pan *et al.* 2009; Dong *et al.* 2010)。冬期に霜が降りる地域では、地下茎や根 (以下、地下部) で越冬する (Geng *et al.* 2007)。従って、本種の根絶には越冬器官でもある地下部を徹底的に防除し、その量を低減させることが不可欠と考えられる。

本種の防除には、茎が切断され、再生能力を有する切断茎が拡散する懸念がある刈払いなどよりも、切断茎や根断片の数を増やさずに植物体を枯らして再生・増殖能力を失わせる除草剤による管理が有効と考えられる。除草剤を用いた防除研究は、オーストラリアやアメリカ合衆国で事例が報告されている (Willingham *et al.* 2015; Clements *et al.* 2017) が、国内で一般に使用可能な水稲用除草剤の中で有効なものは明らかになっておらず、水稲栽培中のナガエツルノゲイトウに対する効果的な防除体系は示されていない。著者らは関東地方において春耕前の水田で本種が既に出芽していることを観察しており (図-2)、作付け前の耕起で多数の切断茎が生じ、それらが水稲栽培期間中の発生源になり得ると

考えられる。

そこで著者らは、水稲栽培期間中のナガエツルノゲイトウの防除体系の確立に向け、本種の切断茎から再生した個体に対する防除効果を評価した。さらに、試験結果から有効性が期待される除草剤を用いて水田における除草剤利用技術の開発を試みた。なお、本稿は井原ら (2022) と井原ら (2024) を抜粋、再構成したものである。

試験 1. 有効除草剤の選抜

まず、ナガエツルノゲイトウに防除効果がある除草剤およびその有効成分を明らかにするため、除草剤のスクリーニング試験を行った。試験は本種の飼養等の許可を取得した農研機構内の隔離温室で 2 回実施した。化成肥料を施用後代かきした 1/5,000 a ポットに、葉・腋芽・幼根を除き 2 節を含むように調製したナガエツルノゲイトウ切断茎 (千葉県八千代市の河川に由来) を 1 節が土中、1 節が地上に位置するように植え付けた。植え付け個体の再生前 (植付 2 日後)、再生始期 (植付 7 日後。主茎長は 3.0 ~ 5.7 cm) および生育期 (植付 23 ~ 24 日後。主茎長は 35.1 ~ 41.3 cm) の 3 時期に表-1 に記す除草剤 18 剤を処理した。処理 28 ~ 30 日後に切断茎を抜き取り、再生した茎の乾燥重量を測定した。

供試除草剤の防除効果を乾燥重量の無処理区比で示したものが表-1 である。また、一部の除草剤について、抜き取り前の処理個体の様子を図-3 に

表-1 供試除草剤および薬量がナガツルノゲイトウの切断茎から再生した茎の乾燥重量におよぼす影響（試験1，井原ら 2022 を改変）

除草剤 処理方法 1)	除草剤	略号	有効成分量 ²⁾ (g a.i./10a)	再生した茎の平均乾燥重量 ³⁾ の無処理区比 (%)					
				1回目試験			2回目試験		
				再生前	再生始期	生育期	再生前	再生始期	生育期
無処理	無処理	無処理	-	0.87 ⁴⁾ a ⁵⁾	1.2 a	4.7 a	0.80 a	1.3 a	3.1 a
湛水散布	ACN粒剤	ACN粒剤	270.0	- ⁶⁾	-	-	103 a	-	-
	イマゾスルフロ粒剤	Ima粒剤	9.0	44 b	71 ab	-	-	-	-
	イマゾスルフロ・ピラクロニル・プロモブチド水和剤	Ima-Pyr-Bro水和剤	8.5 - 18.5 - 81.5	12 c	17 c	-	-	-	-
	オキサジクロメホン・クロメプロップ・ベンズスルフロメチル粒剤	Oxa-Clo-Benz粒剤	8.0 - 35.0 - 5.1	-	-	-	40 ab	34 bc	-
	ダイムロン・メタゾスルフロ粒剤	Dai-Met粒剤	100.0 - 10.0	20 bc	37 bc	-	-	-	-
	ピラクロニル水和剤	Py水和剤	18.0	36 bc	16 c	-	22 b	25 bc	-
	ピラクロニル・プロピリスルフロ粒剤	Py-Pro粒剤	20.0 - 9.0	-	-	-	27 b	22 bc	-
	ピラゾレート粒剤	Pyraz粒剤	300.0	36 bc	-	-	-	-	-
	プレチラクロール粒剤	Pre粒剤	40.0	45 ab	-	-	-	-	-
	プレチラクロール・ベンゾビシクロン水和剤	Pre-Benz水和剤	38.0 - 19.0	30 bc	-	-	-	-	-
	プロピリスルフロ粒剤	Pro粒剤	9.0	18 bc	22 c	-	49 ab	53 ab	-
	フロピラウキシフェンベンジル・ペノキススラム・ベンゾビシクロン粒剤	Flo-Pen-Benz粒剤	4.0 - 5.0 - 20.0	-	-	-	-	9 c	44 b
落水散布	2,4-PA 液剤	2,4-PA液剤	49.5	-	-	-	-	22 b	12 bc
	ハロスルフロメチル・メタゾスルフロ水和剤	Hal-Met水和剤	9.0 - 12.0	-	23 b	34 bc	-	-	-
	ビスリバックナトリウム塩液剤	Bis液剤	2.0	-	47 b	24 c	-	-	-
	フロピラウキシフェンベンジル乳剤	Flo乳剤	5.4	-	t ⁷⁾ c	3 d	-	1 c	4 c
	ペノキススラム水和剤	Pen水和剤	3.6	-	16 b	17 c	-	12 b	14 b
	ベンタゾン液剤	Bent液剤	40.0	-	35 b	64 ab	-	-	-

1) 無処理区および湛水散布を行った処理区では試験期間中3 cm以上の湛水を維持した。落水散布を行った区では処理前までは3 cm以上の湛水を維持したが、処理直前に落水し処理後3日間は落水条件を維持した。

2) 混合剤の薬量は、除草剤別に記載された有効成分の順に記載した。

3) 一つの切断茎から再生した全ての茎の合計乾燥重量とした。抜き取りは除草剤処理28～30日後に行った。乾燥重量の無処理区比が、通常初期剤や初中期一発剤として使用される剤では40%未満、中後期剤として使用される剤では25%未満だった場合、その値をオレンジ色で塗りつぶした。

4) 無処理区のみ平均乾燥重量(g/個体)とした。

5) 同一列かつ同一処理方法において異なる文字を付した水準間、5%水準で有意差があることを示す (Steel-Dwass検定)。ただし、無処理は湛水処理と落水処理の両方で比較している。

6) -は試験なしを示す。

7) t (trace) は1%未満を示す。

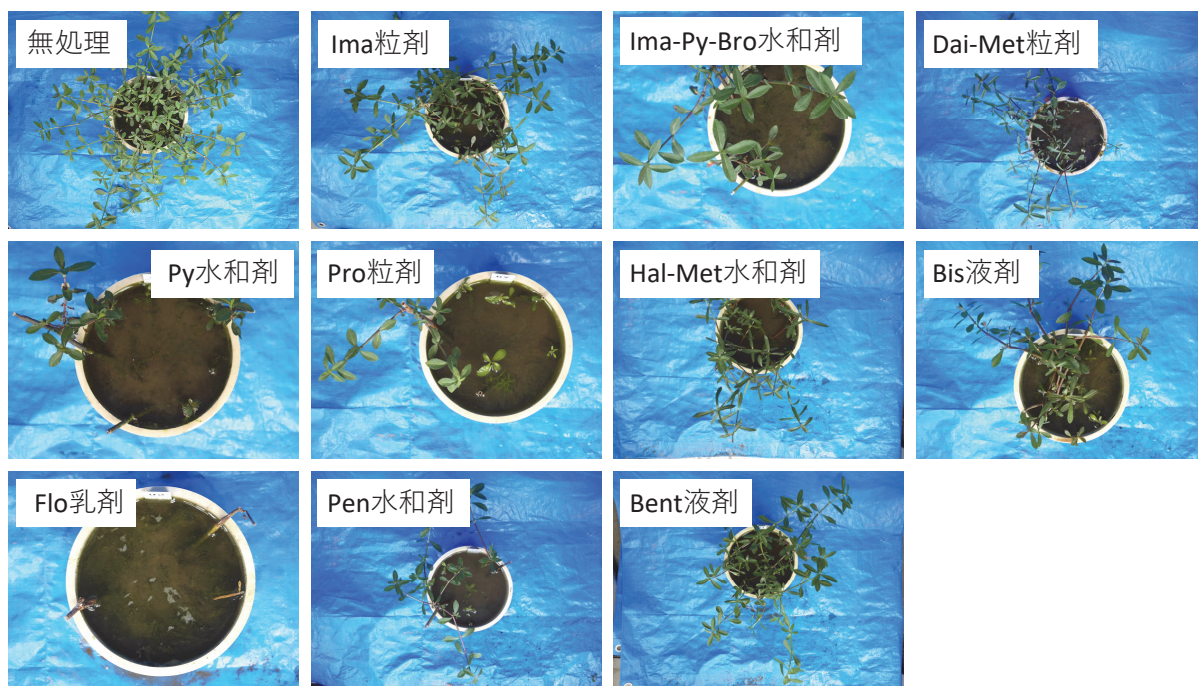


図-3 再生始期処理 29 日後のナガエツルノゲイトウ（表-1 の 1 回目試験より）

示した。供試除草剤の大半でナガエツルノゲイトウに対する防除効果が認められた。Dugdale and Champion (2012) と Willingham *et al.* (2015) を参考に、通常初期剤や初中期一発剤として使用される剤については無処理区比の値が 40% 未満、中後期剤とし

て使用される剤は防除しきれなかった個体は手取りしか防除手段がないことから 25% 未満の場合を、それぞれ実用的な効果が期待できる除草剤と判定した所、以下の除草剤が有効と考えられた。つまり、再生前の個体に対してはイマゾスルフロ・ピラクロニル・

プロモブチド水和剤（以下、Ima-Py-Bro 水和剤）、ダイムロン・メタゾスルフロ粒剤（以下、Dai-Met 粒剤）、ピラクロニル水和剤（以下、Py 水和剤）、ピラクロニル・プロピリスルフロ粒剤（以下、Py-Pro 粒剤）、ピラゾレート粒剤、プレチラクロール・ベ

表-2 試験2の処理区名、処理薬剤の有効成分量、除草剤処理日と処理時のナガエツルノゲイトウの草丈（井原ら 2024 を改変）

処理区名 ¹⁾	略号 ¹⁾	有効成分量 (g a. i. /10a) ²⁾	除草剤処理日（移植後日数） ¹⁾		除草剤処理時の草丈 ¹⁾		
			2021年	2022年	切断茎から再生した茎		自然発生個体 (2021年)
					2021年	2022年	
イマゾスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤 →シハロホップブチル・ペンタゾン液剤 (慣行)	IOPyB →CB	9.0 - 4.0 - 20.0 - 90.0 33.3 - 222.0	5月3日 (6) →6月7日 (41)	5月2日 (4) →6月7日 (40)	0.8 cm →9.0 cm	1.6 cm →7.5 cm	5.5 cm →33.0 cm
ピラクロニル粒剤	Py	18.0	5月3日 (6)	5月2日 (4)	0.7 cm	1.2 cm	4.5 cm
イマゾスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤	IOPyB	9.0 - 4.0 - 20.0 - 90.0	5月3日 (6)	5月2日 (4)	1.1 cm	0.8 cm	4.0 cm
ピラクロニル粒剤 →イマゾスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤	Py →IOPyB	18.0 9.0 - 4.0 - 20.0 - 20.0	4月27日 (0) →5月18日 (21)	4月28日 (0) →5月18日 (20)	0.0 cm →8.0 cm	0.0 cm →1.5 cm	7.0 cm →11.0 cm
ピラクロニル粒剤 →フロルピラウキシフェンベンジル・ペノキスラム・ベンゾビシクロン粒剤	Py →FPeB	18.0 4.0 - 5.0 - 20.0	5月3日 (6) →5月18日 (21)	5月2日 (4) →5月18日 (20)	1.0 cm →8.5 cm	1.1 cm →1.5 cm	7.5 cm →14.0 cm
イマゾスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤 →フロルピラウキシフェンベンジル液剤	IOPyB →F	9.0 - 4.0 - 20.0 - 90.0 5.0	5月3日 (6) →6月7日 (41)	5月2日 (4) →6月7日 (40)	1.0 cm →8.0 cm	1.1 cm →4.5 cm	5.0 cm →34.5 cm

1) 体系処理を行う処理区では、前処理→後処理の順番に記載した。

2) 混合剤の薬量は、処理区名列に記載された除草剤の有効成分の順に記載した。体系処理を行う処理区では上段に前処理、下段に後処理の有効成分を記載した。

ンゾビシクロン水和剤、プロピリスルフロン粒剤（以下、Pro 粒剤）が、再生始期の個体に対しては Ima-Py-Bro 水和剤、オキサジクロメホン・クロメプロップ・ベンスルフロンメチル粒剤、Dai-Met 粒剤、Py 水和剤、Py-Pro 粒剤、Pro 粒剤、フロルピラウキシフェンベンジル・ペノキスラム・ベンゾビシクロン粒剤（以下、Flo-Pen-Benz 粒剤）、2,4-PA 液剤、ハロスルフロンメチル・メタゾスルフロン水和剤、フロルピラウキシフェンベンジル乳剤（以下、Flo 乳剤）、ペノキスラム水和剤（以下、Pen 水和剤）が、生育期の個体に対しては 2,4-PA 液剤、ビスピリバックナトリウム塩液剤、Flo 乳剤、Pen 水和剤がそれぞれ有効と考えられた。特に、初期剤や初中期一発剤として使用される剤では Py 水和剤が、中後期剤として使用される剤では Flo 乳剤、Pen 水和剤が 2 回の試験でともに実用的な効果が期待できると判定され、これらの除草剤に含まれる有効成分が本種に対して高い防除効果を有すると考えられた。

試験2. 野外での防除効果の評価

次に、野外における除草剤利用技術の開発を目的に、有効な除草剤処理体系の選抜を行った。試験1で有効性が確認された成分のうち、処理時期と各時期での安定的な防除効果を考慮して、ピラクロニルまたはフロルピラウキシフェンベンジルを含み、移植水稻に農薬登録がある除草剤4剤（ピラクロニル粒剤（以下、Py 粒剤）、イマゾスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤（以下、IOPyB 粒剤）、Flo-Pen-Benz 粒剤、Flo 乳剤）を使用した。2021年と2022年に本種が発生する千葉県八千代市の現地水田に試験区を設置し、水稻移植当日（2021年4月27日と2022年4月28日）に、現地に由来し、試験1と同様に葉・腋芽・幼根を除き2節を含むように調製したナガエツルノゲイトウ切断茎を区あたり5～6個体植え付けて、表-2に記す6種類の除草剤処理を行った。対照には、現地慣行である IOPyB 粒剤とシハロホップブチル・ペンタゾン

液剤（以下、CB 液剤）の体系処理（以下、IOPyB → CB）区と無処理区を設定した。

除草剤処理は、供試除草剤が通常使用される時期に基づいて、単用処理と体系処理の前処理では移植4または6日後（切断茎の再生始期）に行った。ただし、Py 粒剤と IOPyB 粒剤の体系処理（以下、Py → IOPyB）区では移植当日（切断茎の再生前）に前処理を行った。体系処理の後処理は移植20～21日後（切断茎の草丈1.5～8.5 cm）または40～41日後（切断茎の草丈4.5～9.0 cm）に行った。

除草剤処理後のナガエツルノゲイトウの生育調査を目的に、再生した茎の主茎草丈を経時的に測定した。また、体系処理の効果が確認できた移植69～70日後の2021年7月5日、2022年7月7日に切断茎を抜き取り、再生した茎の乾燥重量を測定した。さらに、自然発生個体が十分発生した2021年には、移植69日後の7月5日に自然発生個体の地上部を、水稻収穫後の9月6～7日に深度15 cmまでの地下部の乾燥重量をそれぞれ測定した。

切断茎から再生した茎の草丈は無処

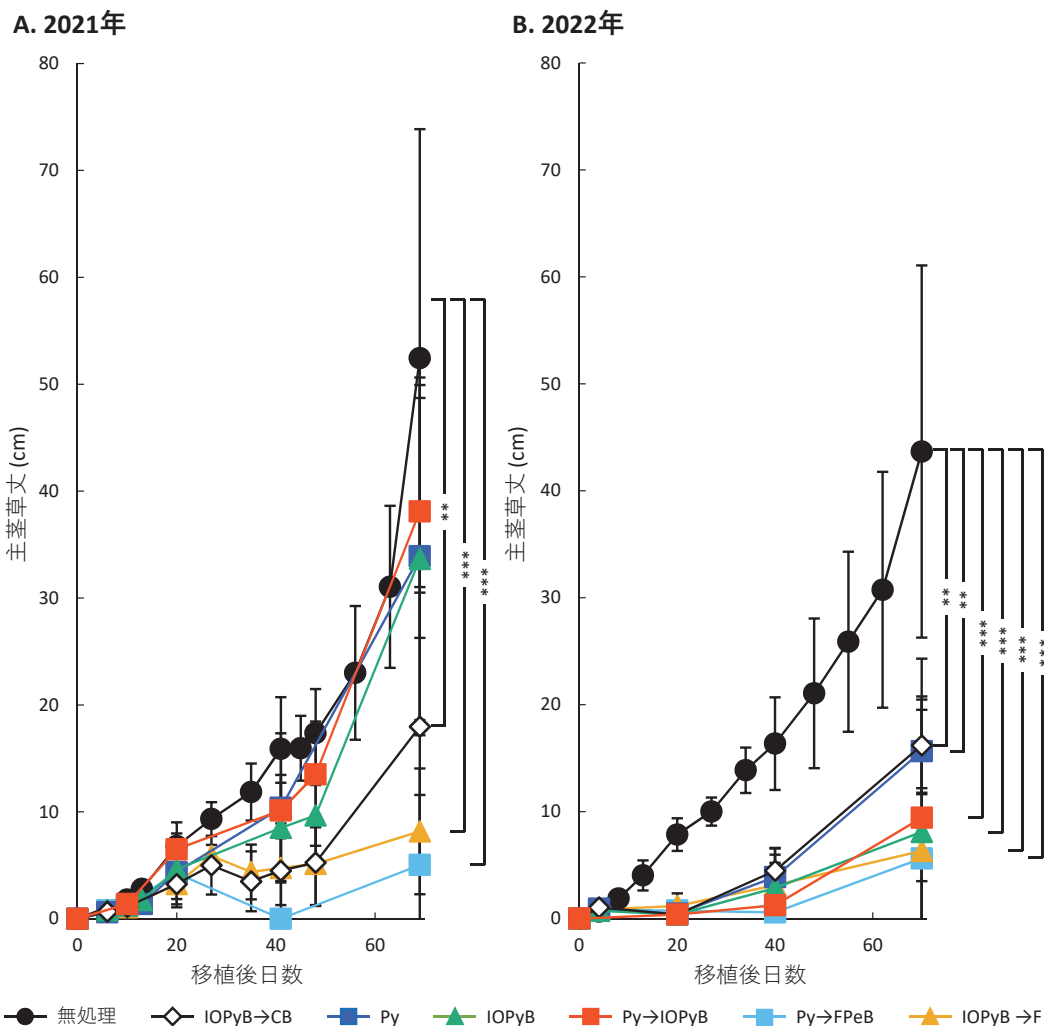


図-4 除草剤処理が切断茎から再生したナガエツルノゲイトウの主茎草丈に及ぼす影響 (井原ら 2024 を改変)
 (A) 2021 年, (B) 2022 年。処理区名の略号は表-2 を参照。平均値±SD。*, **, ***は抜き取り調査時点(移植後 69 ~ 70 日)で無処理区との間に 1%, 0.1% で有意差があることを示す (Dunnett 検定)。

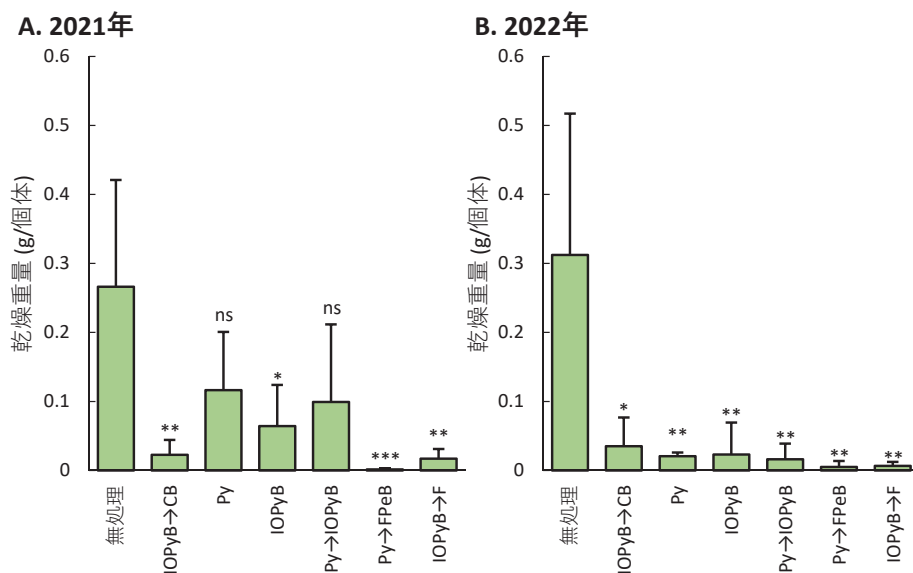


図-5 除草剤処理が切断茎から再生したナガエツルノゲイトウの残草量に及ぼす影響 (井原ら 2024 を改変)
 (A) 2021 年, (B) 2022 年。処理区名の略号は表-2 を参照。平均値±SD。2021 年は 7 月 5 日(移植 69 日後), 2022 年は 7 月 7 日(移植 70 日後)に調査した。*, **, ***は無処理区との間に 5%, 1%, 0.1% で有意差があることを示す (Dunnett 検定)。nsは無処理区との間に有意差がないことを示す ($p > 0.05$)。

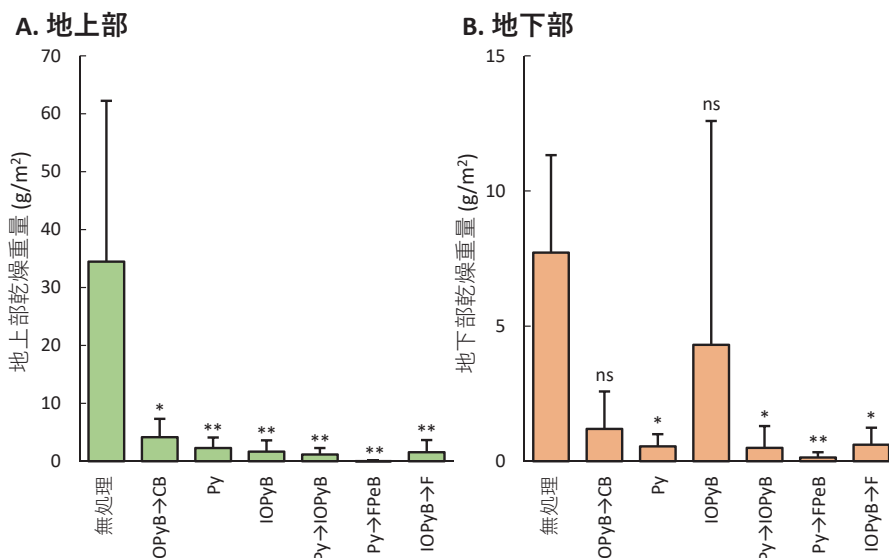


図-6 除草剤処理が自然発生したナガエツルノゲイトウの残草量に及ぼす影響 (井原ら 2024 を改変)

(A) 地上部乾燥重量, (B) 地下部乾燥重量。処理区名の略号は表-2を参照。平均値 + SD。地上部乾燥重量は2021年7月5日(移植69日後), 地下部乾燥重量は2021年9月6~7日(水稻収穫後)に調査した。*, **は無処理区との間に5%, 1%で有意差があることを示す(Dunnett検定)。nsは無処理区との間に有意差がないことを示す($p > 0.05$)。

理区では経時的に増加し、抜き取り調査を行った移植69~70日後には43.7~52.4 cmだった(図-4)。除草剤処理により草丈の増加は停止したが、2021年と2022年のPy粒剤の単用処理区、IOPyB粒剤の単用処理区(以下、IOPyB区)、2021年のPy → IOPyB区では、概ね移植20日後以降(1剤目処理後概ね15日以降)に草丈の増加が確認された。慣行のIOPyB → CB区では概ね移植40日後以降に草丈が増加した。

切断茎から再生した茎の乾燥重量は、Py → IOPyB区を除く体系処理区で2か年とも無処理区より有意に小さかった(図-5)。特にPy粒剤とFlo-Pen-Benz粒剤の体系処理(以下、Py → FPeB)区(無処理区比0.6~1.6%)とIOPyB粒剤とFlo乳剤の体系処理(以下、IOPyB → F)区(無処理区比2.1~6.4%)の2区は、無処理区との間に0.1%または1%で有意差があった。

自然発生個体の地上部乾燥重量は、全ての区で無処理区比12%以下と有意に抑制された(図-6)。地下部乾燥

重量はIOPyB → CB区、IOPyB区を除く処理区で無処理区(7.7 g/m²)より有意に小さくなり、Py → FPeB区、IOPyB → F区の地下部はそれぞれ0.14 g/m²(無処理区比1.8%)、0.61 g/m²(無処理区比8.0%)だった。また、供試した6つの除草剤処理は水稻収量へ影響を与えなかった(データ略)。

図-4~6の結果から、水稻移植後のナガエツルノゲイトウの再生始期にPy粒剤またはIOPyB粒剤を処理し、生育が抑制された個体に対し、Py粒剤を処理した場合は移植約20日後にFlo-Pen-Benz粒剤(Py → FPeB区)、IOPyB粒剤を処理した場合は移植約40日後にFlo乳剤(IOPyB → F区)それぞれ処理することで、本種の地上部と地下部を安定的に防除できることが明らかになった。

試験3. 除草剤体系処理の連年処理による防除効果

最後に、試験2で有効性が確認された2つの除草剤体系処理を2年連年施用した時の防除効果を検討し

た。試験は、本種がまん延する千葉県八千代市の生産者ほ場3筆(各面積5a)で2021年と2022年に実施した。Py → FPeBとIOPyB → F、現地慣行であるIOPyB → CBの3つの除草剤体系処理をそれぞれのほ場で2年間行った。

水稻移植は2021年5月2日、2022年5月1日に行い、IOPyB → CB区では2021年は移植8日後、2022年は5日後にIOPyB粒剤を、2021年は移植57日後、2022年は52日後にCB液剤を処理した。Py → FPeB区では2021年、2022年ともに移植1日後にPy粒剤を、2021年は移植16日後、2022年は17日後にFlo-Pen-Benz粒剤を処理した。IOPyB → F区では2021年は移植8日後、2022年は5日後にIOPyB粒剤を、2021年は移植57日後、2022年は52日後にFlo乳剤を処理した。

雑草調査は地上部と地下部に分けて実施した。地上部は水稻への雑草害を評価するため、体系処理の効果が完成した移植67~72日後に自然発生個体を対象に乾燥重量を測定した。

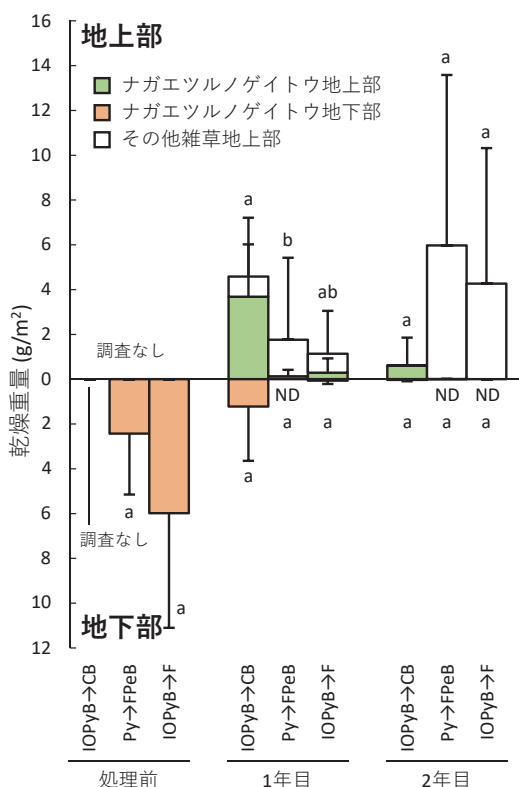


図-7 処理前、連年処理1年目、連年処理2年目のナガエツルノゲイトウの残草量 (井原ら 2024 を改変)

上向きのグラフが地上部乾燥重量、下向きのグラフが地下部乾燥重量を示す。処理区名の略号は表-2を参照。平均値 + SD。NDは地下部が検出されなかったことを示す。処理前の地上部乾燥重量とIOPyB → CB区の処理前の地下部乾燥重量の調査はなし。地上部乾燥重量は2021年7月13日(1年目)と2022年7月7日(2年目)に調査した。地下部乾燥重量は処理前の2021年4月8日(処理前)、処理2年目の作付け前の2022年4月7～12日(1年目)、処理2年目の水稲収穫後の2022年8月29日(2年目)に調査した。同一調査時期と調査器官において、異なるアルファベット間にナガエツルノゲイトウの乾燥重量に有意差がある(Tukey検定)。

地下部は水稲生育に影響を与えないよう試験開始前の2021年4月8日と2年目の作付け開始前の2022年4月7～12日、2年目の水稲収穫後の2022年8月29日に、深度15 cmまでの地下部の乾燥重量を測定した。

ナガエツルノゲイトウの地上部乾燥重量は、処理1年目のPy → FPeB区、IOPyB → F区では慣行(IOPyB → CB区)の8%以下に抑制された(図-7)。処理2年目ではいずれの区でも1年目より少なくなり、Py → FPeB区では慣行区比1%、IOPyB → F区では検出されなかった。地下部の乾燥重量は処理2年目の水稲収穫後には慣行区では0.029 g/m²だったが、Py → FPeB区とIOPyB → F区では検出されな

かった。この結果から、処理の効果の中にほ場間差が含まれているものの、Py → FPeB、IOPyB → Fの体系処理を2年間行うことで、ナガエツルノゲイトウがまん延したほ場で、地上部に加え越冬器官となり得る地下部の量も減少することが示された。

ナガエツルノゲイトウ以外の雑草の残草量は、慣行区ではイボクサ、イヌビエ、ヤナギタデが多かったが、残草個体の80%以上がナガエツルノゲイトウだった(図-7)。一方、Py → FPeB区、IOPyB → F区では、イヌホタルイ(全残草個体の7.5～74.8%)とコウキヤガラ(全残草個体の32.8～92.6%)の残草量がナガエツルノゲイトウよりも多かった。著者

らは現地においてPy → FPeB区のほ場が均平ではなく、湛水期間中に田面の一部が露出したことを観察しており(データ略)、この田面の露出によって除草剤の効果が安定化せずこれら2草種の残草量が多かった可能性がある。また、Flo乳剤の適用雑草にはイヌホタルイとコウキヤガラは含まれていない。以上のことから、ナガエツルノゲイトウ以外にこの2種が繁茂するほ場では、畦塗りなど除草剤の効果を安定化させる対策や、この2種に有効な追加の対策が必要と考えられた。

おわりに

これら試験の結果をもとに2022年にPy粒剤、IOPyB粒剤、Flo-Pen-Benz粒剤、Flo乳剤の4剤に対して、ナガエツルノゲイトウを対象としたはじめての農業登録の適用拡大がなされた。本種に対する登録除草剤の数は年々増加しており、今後それら登録除草剤の活用の仕方などを含めた、水田での防除技術の高度化が進むことが期待される。

謝辞

本研究を遂行にあたり、鹿島川土地改良区および現地生産者には供試材料採集と現地試験実施のための調整およびほ場管理にご協力いただいた。千葉県農林総合研究センター、農研機構植物防疫研究部門雑草防除グループ、農研機構農村工学研究部門施設保全グループ、農研機構農業環境研究部門生物多様性保全・利用グループ、農研機

構管理本部技術支援部つくば第1業務科, つくば第2業務科, つくば第4業務科の皆様には, ほ場作業と雑草調査に関して多大なるご協力をいただいた。協友アグリ株式会社, コルテバ・ジャパン株式会社, 公益財団法人日本植物調節剤研究協会研究所の皆様からご支援と有益なご助言をいただいた。

本研究の一部は, 農林水産省委託プロジェクト研究「農業被害をもたらす侵略的外来種の管理技術の開発」JPJ007966, 公益財団法人日本植物調節剤研究協会の「水稲対象除草剤・生育調節剤の作用性・適用性に関する研究委託事業」の補助を受けて行った。

本研究は外来生物法に基づき, 関東地方環境事務所よりナガエツルノゲイトウの個体の採取, 輸送, 栽培の許可を受け実施した(許可番号: 18001804)。

引用文献

- Clements, D. *et al.* 2017. Herbicide efficacy for aquatic *Alternanthera philoxeroides* management in an early stage of invasion: integrating above-ground biomass, belowground biomass and viable stem fragmentation. *Weed Res.* 57, 257–266.
- Dong, B.C. *et al.* 2010. Effects of orientation on survival and growth of small fragments of the invasive, clonal plant *Alternanthera philoxeroides*. *PLoS ONE* 5, e13631.
- Dugdale, T.M. and P.D. Champion 2012. Control of alligator weed with herbicides: A review. *Plant Prot. Q.* 27, 70–82.
- Geng, Y.P. *et al.* 2007. Phenotypic plasticity rather than locally adapted ecotypes allows the invasive alligator weed to colonize a wide range of habitats. *Biol. Invasions* 9, 245–256.
- 井原希ら 2022. 特定外来生物ナガエツルノゲイトウ (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.) に対する水稲用・水田畦畔用除草剤の効果. *雑草研究* 67, 1–12.
- 井原希ら 2024. 稲移植栽培におけるナガエツルノゲイトウ (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.) の地下部繁殖体を低減する除草剤の体系処理技術の開発. *雑草研究* 69, 8–18.
- 国立環境研究所 2024. 侵入生物データベース. <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/81140.html>
- 中村悦子 2010. 印旛沼周辺地域の水田における特定外来雑草「ナガエツルノゲイトウ」の発生状況について. *雑草と作物の制御* 6, 32–34.
- Pan, Y. *et al.* 2009. Effect of root fragment length and planting depth on clonal establishment of alligatorweed. *J. Aquat. Plant Manage.* 47, 96–100.
- Tanveer, A. *et al.* 2018. Ecobiology and management of alligator weed [*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.]: a review. *Wetlands* 38, 1067–1079.
- Willingham, S.D. *et al.* 2015. Evaluation of herbicide options for alligatorweed (*Alternanthera philoxeroides*) control in rice. *Weed Technol.* 29, 793–799.