

ドウガネブイブイに対するクロチアニジンの作用特性

住友化学株式会社 国際アグロ事業部 ^{いわ}岩 ^た田 ^{あつし}淳
住友化学株式会社 健康・農業関連事業研究所 ^{さか}坂 ^{もと}本 ^{えみ}み ^こ子

はじめに

コガネムシ類 (Scarabaeidae) の幼虫は、根部を摂食することで、多くの畑作物、樹木あるいは芝等に甚大な被害を与える。例えば、サツマイモやゴボウでは収穫物となる根部を加害して作物の商品性を著しく損ねること、芝や樹木では根部の加害により地上部の生育に悪影響を及ぼすことが、問題となっている。

土壌生息性のコガネムシ類幼虫は、難防除害虫とされることが多い。この理由として、幼虫やその加害状況を直接視認しにくい点や成虫発生時期や幼虫の発育速度が年ごとの気温や餌条件によって変動する点 (松井・上田, 1981; 藤山, 1997), さらには、薬剤を幼虫の生息域に到達させることが難しい点が挙げられる。それゆえに、効果の高いコガネムシ類の防除法を構築するためには、効果が期待される農薬成分を選択するだけでなく、その農薬成分を的確な時期と方法で施用することが重要である。

クロチアニジンは、ネオニコチノイド系殺虫剤の一種であり、コウチュウ目、カメムシ目、ハエ目、アザミウマ目およびいくつかのチョウ目害虫に対して効果を示す (JESCHKE et al., 2003; JESCHKE and NAUEN, 2008)。その中でも、特にコウチュウ目に対する殺虫効果が高いことから、我々はクロチアニジンが有用なコガネムシ類防除資材となると考え、詳細な作用特性研究を実施してきた。本稿では、クロチアニジンを用いた効果の高いコガネムシ類の防除方法を見いだすべく、本種幼虫に対する作用特性を明らかにする目的で実施した研究の内容を紹介する。

I 研究のアプローチ

我々は、クロチアニジンのコガネムシ類幼虫に対する各種作用特性を明らかにするため、実験室内における検討を開始した。コガネムシ類幼虫の防除法として、薬剤を土壌表面に施用する方法や土壌中に混和する方法等が挙げられるが、防除メカニズムを解明するうえでは、幼

虫の生息域において必要とされる土壌中クロチアニジン濃度を特定することが重要と考えた。そこで、コガネムシ類幼虫に対する殺虫効果、食害抑制効果、発育抑制効果および行動抑制効果の発現に必要な土壌中クロチアニジン濃度を調べた。

殺虫効果については、コガネムシ類幼虫期の各ステージ (1~3 齢幼虫) に対する効果を精査した。次に、殺虫効果以外のクロチアニジンの作用特性を明らかにするため、土壌中クロチアニジンの食害抑制効果および発育抑制効果を調べるとともに、行動抑制効果についても検討した。そして、これらの結果を総合し、コガネムシ類幼虫の防除に必要な土壌中クロチアニジン濃度を特定した。

なお本研究は、サツマイモなどで重大な被害を引き起こす *Anomala* 属の一種であるドウガネブイブイ (*Anomala cuprea*) の幼虫 (図-1) を対象として実施した。

II 各ステージの幼虫に対する殺虫効果

ドウガネブイブイは幼虫期のステージとして1~3 齢がある。本試験では、これらの各ステージの幼虫に対するクロチアニジンの殺虫効果を評価した。

重量比5%の園芸用腐葉土を混合した土壌に、重量比10%のクロチアニジン16%水溶剤 (ダントツ®水溶剤) 希釈液を加え十分に混合することで各濃度の処理土壌を調製した。

1 齢幼虫に対する殺虫効果試験では、600 ml 容量のプ



図-1 ドウガネブイブイの幼虫

Biological Activity of Clothianidin against *Anomala cuprea* (Hope). By Atsushi IWATA and Emiko SAKAMOTO

(キーワード: 土壌処理, 発育抑制効果, 食害抑制効果, 行動抑制効果)

プラスチックカップに処理土壌を 300 g ずつ充てんし、幼虫 8 頭を放飼した (3 反復)。2 齢幼虫および 3 齢幼虫に対する試験では、共食いを防ぐため、90 ml 容量のプラスチックカップに処理土壌を 90 g ずつ充てんし、幼虫 1 頭を放飼した (9 反復)。ドウガネブイブイの 3 齢幼虫には摂食や運動の活発な摂食期と、摂食せず運動量が極めて少ない非摂食期があるが (廿日出ら, 1984), 本試験では、摂食期の 3 齢幼虫を用いた。放飼 14 日後に、幼虫の生死を調査して各供試濃度における死虫率を求めた。

図-2 に各ステージのプロビット回帰直線を示した。1 齢幼虫に対する LC_{50} および LC_{90} は、それぞれ 0.0075 mg a.i./kg soil (95% 信頼限界: 0.0046 ~ 0.012 mg a.i./kg soil) および 0.041 mg a.i./kg soil (95% 信頼限界: 0.023 ~ 0.13 mg a.i./kg soil) であった。2 齢幼虫に対する LC_{50} および LC_{90} は、それぞれ 0.21 mg a.i./kg soil (95% 信頼限界: 0.090 ~ 0.45 mg a.i./kg soil) および 2.48 mg a.i./kg soil (95% 信頼限界: 1.06 ~ 10.3 mg a.i./kg soil) であり、1 齢幼虫に対する値と比較して高い値となった。3 齢幼虫では、2 齢幼虫の場合よりもさらに感受性が低下し (図-2)、プロビット回帰直線をあてはめると LC_{50} は、0.3 ~ 3 mg a.i./kg soil と推定された。

得られた LC_{90} から、ふ化時期に土壌中クロロアニジン濃度が 0.041 mg a.i./kg soil 以上となるように薬剤施用できれば、効率的に本種の幼虫発生を防除できると考えられた。

III 幼虫に対する食害抑制効果および発育抑制効果

前述の通り、所定濃度のクロロアニジン 16% 水溶剤

希釈液を加えた処理土壌を調製した。

ニンジン片 (直径 3.5 cm, 厚さ 0.5 cm) を作製し、重量を測定した後に 90 ml 容量のプラスチックカップの底面に 1 片ずつ配置した。その上に処理土壌を 60 g 充てんし、重量を測定した摂食期の 3 齢幼虫を 1 頭ずつ放飼した。放飼 7 日後に供試虫の生死を判定し、生存虫およびニンジン片の重量を測定して各区の補正摂食量と発育抑制率を算出した (10 反復)。

表-1 に示す通り、3 齢幼虫の放飼 7 日後の死虫率は、クロロアニジン濃度が 2.5 mg a.i./kg soil および 12.5 mg a.i./kg soil でそれぞれ 50%, 60% であったが、0.5 mg a.i./kg soil 以下の処理では 0% であった。しかし、無処理区では幼虫 1 頭当たりの 7 日間の補正摂食量が 2,060 mg であったのに対し、クロロアニジン 0.5 mg a.i./kg soil 区ではニンジン片に食痕は観察されなかった (図-3, 表-1)。食害抑制効果は、0.1 mg a.i./kg soil でも認められたことから、クロロアニジンは亜致死濃度において食害抑制効果を示すことが明らかとなった (表-1)。

無処理区における 3 齢幼虫の平均体重増加量は 90 mg であった (表-2)。この値は、処理前の平均体重の 10% に相当する。これに対して、クロロアニジン濃度が 0.1 mg a.i./kg soil 以上の処理区では体重が減少し、0.5 mg a.i./kg soil の濃度では処理前体重は 15% 減少した (表-2)。

以上のように、クロロアニジンは 0.1 mg a.i./kg soil で 3 齢幼虫に対して高い食害抑制効果および発育抑制効果を示すことが明らかとなった。

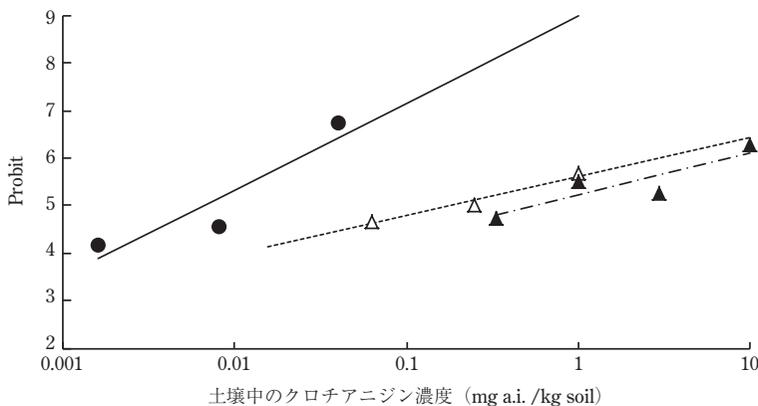


図-2 ドウガネブイブイ幼虫に対するクロロアニジンの殺虫効果

縦軸は死虫率、横軸は土壌中のクロロアニジン濃度 (対数表示) を示す。

●は 1 齢幼虫、△は 2 齢幼虫、▲は摂食期の 3 齢幼虫を示す。

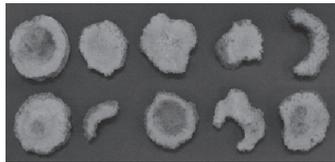
無処理区の死虫率は、1 齢幼虫が 0%、2 齢幼虫が 11.1%、3 齢幼虫が 0% であった。

表-1 ドウガネブイブイ 3 齢幼虫に対するクロチアニジンの殺虫効果および食害抑制効果

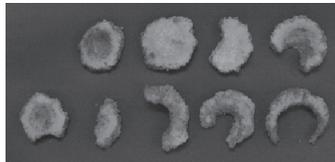
化合物	土壌中濃度 (mg a.i./kg)	n ^{a)}	死虫率 (%)	ニンジン片の生重量 (mg)		
				処理前 平均値 ± SD	放飼 7 日後	
					平均値 ± SD	補正摂食量 ^{b)}
クロチアニジン	0.004	10	0	5,380 ± 570	2,330 ± 1,070	2,940
	0.02	10	0	5,360 ± 650	3,020 ± 850	2,190
	0.1	10	0	5,270 ± 740	4,310 ± 880	750
	0.5	10	0	5,470 ± 630	5,500 ± 510	- 290
	2.5	10	50	5,300 ± 650	5,120 ± 720	- 60
	12.5	10	60	5,180 ± 850	4,990 ± 860	- 50
無処理	—	10	0	5,500 ± 730	3,280 ± 1,350	2,060
無処理 (幼虫無放飼)	—	10	—	5,000 ± 710	4,770 ± 720	0

a) n: 供試した 3 齢幼虫の数.

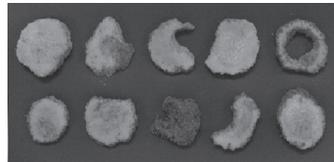
b) 補正摂食量は、次の式で算出した; 補正摂食量 = (各処理区における処理前のニンジン片重量) - (無処理区無放飼区における処理前のニンジン片重量) × (各処理区における処理 7 日後のニンジン片重量) / (無処理区無放飼区における処理 7 日後のニンジン片重量).



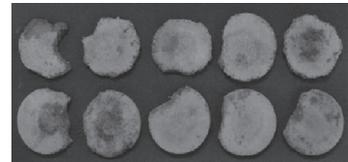
無処理



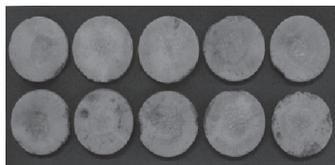
0.004 mg a.i./kg soil



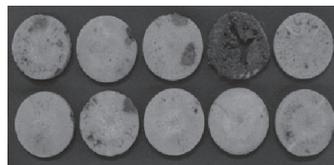
0.02 mg a.i./kg soil



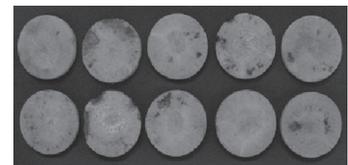
0.1 mg a.i./kg soil



0.5 mg a.i./kg soil



2.5 mg a.i./kg soil



12.5 mg a.i./kg soil

図-3 処理 7 日後のニンジン片の食害様相

IV 幼虫の土壌中における移動に与える影響

ニンジン片を円筒型プラスチック製チューブ (直径 5 cm, 高さ 30 cm) の底に置いた。無処理区では、このチューブに無処理土壌を上層 10 cm, 下層 10 cm ずつ充

てんし (各々 300 g), 処理区では、下層にクロチアニジン処理土壌 (0.1 mg a.i./kg soil または 0.5 mg a.i./kg soil) を充てんし、上層には無処理土壌または下層と同濃度のクロチアニジン処理土壌を充てんした (図-4)。土壌の上層と下層の組合せは表-3 記載の 5 通りとし、

表-2 ドウガネブイブイ 3 齢幼虫に対するクロチアニジンの発育抑制効果

化合物	土壌中濃度 (mg a.i./kg)	n ^{a)}	生存虫の体重 処理前 平均値 ± SD	成長抑制効果	
				放飼 7 日後	
				平均値 ± SD ^{b)}	体重増加量の平均値 ^{c)}
クロチアニジン	0.004	10	910 ± 160	1,190 ± 200	280 c
	0.02	10	900 ± 150	1,040 ± 210	140 bc
	0.1	10	920 ± 150	880 ± 170	- 40 a
	0.5	10	910 ± 150	770 ± 160	- 140 a
	2.5	10	910 ± 160	790 ± 40	- 120 a
	12.5	10	900 ± 150	750 ± 140	- 150 a
無処理	—	10	910 ± 130	1,000 ± 190	90 b

a) n : 供試した 3 齢幼虫の数.

b) 放飼 7 日後の体重の平均値は、次の式で算出した ; 放飼 7 日後の体重の平均値 = Σ (生存個体の体重) / 生存個体数.

c) 同一のアルファベットを付した数値は、5%水準で有意差がないことを示す (Tukey-Kramer の検定法).

ドウガネブイブイの幼虫のクロチアニジン分布域への侵入が阻害されるか否かを観察した。

チューブ上方から摂食期の 3 齢幼虫をチューブ当たり 1 頭放飼して静置した。放飼 7 日後に、チューブ内の土壌を取り出して幼虫の位置を土壌深度 5 cm ごとに分類した (9 反復)。

表-3 に示す通り、上層・下層ともに無処理土壌を充てんしたプラスチックチューブでは、すべての反復で幼虫が深度 20 cm まで潜行し、最下部に設置したニンジン片を加害した。上層・下層ともにクロチアニジン濃度 0.5 mg a.i./kg soil の土壌を充てんした区では、9 頭中 6 頭が土壌表面にとどまり、チューブ最下層で認められた個体は 1 頭のみであった。上層に無処理土壌、下層にクロチアニジン濃度 0.5 mg a.i./kg soil の土壌を充てんした区では、9 頭中 6 頭が、無処理層である上層 0 cm ~ 10 cm で確認された。下層 10 cm で認められた 3 頭のうち 2 頭は処理層と無処理層の境界近くにおり、ニンジン片を埋設した最下層で確認された個体は 1 頭のみであった。クロチアニジン濃度 0.1 mg a.i./kg soil の土壌を充てんした区では、0.5 mg a.i./kg soil の区で見られたようなクロチアニジン分布域への侵入阻害効果は認められなかった。

クロチアニジンは摂食期の 3 齢幼虫に対して、0.5 mg a.i./kg soil の濃度で土壌中のクロチアニジン分布域への侵入を阻害することが確認された。ただし、この効果を示す濃度は、食害抑制効果を示す濃度 (0.1 mg a.i./kg soil) より高く、実際の防除場面では、食害抑制効果の

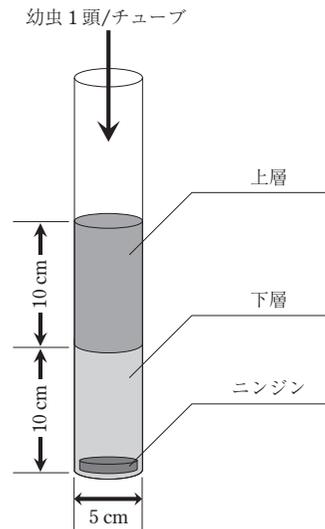


図-4 ドウガネブイブイ 3 齢幼虫の行動に及ぼす影響の評価法

ほうが優位に働くと考えられた。

V 実用場面への応用

クロチアニジンのドウガネブイブイ 1 齢幼虫に対する殺虫効果は非常に高く、0.04 mg a.i./kg soil 程度の土壌中濃度が維持されれば高い防除効果を期待できることが明らかになった。一方、クロチアニジンは摂食期の 3 齢幼虫に対しては 0.1 mg a.i./kg soil の土壌中濃度で食害抑制効果と発育抑制効果を示した。

表-3 クロチアニジンがドウガネブイブイ3 齢幼虫の移動に及ぼす影響と深度

上層と下層の組合せ			放飼7日後の幼虫の存在位置				
上層 (0～10 cm)	下層 (10～20 cm)		土壌表面	0～5 cm	5～10 cm	10～15 cm	15～20 cm
無処理	クロチアニジン 0.1 mg a.i./kg soil	n = 9 ^{a)}	0	0	0	2	7
						処理 ^{b)}	
クロチアニジン 0.1 mg a.i./kg soil	クロチアニジン 0.1 mg a.i./kg soil	n = 9	1	3	2	0	3
						処理	
無処理	クロチアニジン 0.5 mg a.i./kg soil	n = 9	1	0	5	2	1
						処理	
クロチアニジン 0.5 mg a.i./kg soil	クロチアニジン 0.5 mg a.i./kg soil	n = 9	6	1	1	0	1
						処理	
無処理	無処理	n = 9	0	0	0	0	9

^{a)} n: 供試した3 齢幼虫の数。

^{b)} 下線の箇所は、クロチアニジンで処理した土壌層を示す。

殺虫剤を用いてコガネムシ類幼虫の防除を行う場合、幼虫がいまだ発生していない作物の播種あるいは植付け前に薬剤施用する場合と、幼虫の活動時期に薬剤施用する場合とがある(久保田・嶋崎, 1987)。

作物の播種あるいは植付け前に薬剤施用する方法は、あらかじめ幼虫が発生する土壌中に殺虫剤を混和できる利点がある。一方、マルチ資材などで畝を被覆する栽培体系では、薬剤を植え付け後の土壌中に施用することは難しく、播種あるいは植付け前に施用しておく必要がある。このように播種あるいは植付け前に薬剤施用する場合には、有効量の殺虫剤がコガネムシのふ化時期まで保持されていなければならない。クロチアニジンの土壌中における減衰速度は土壌条件により異なるものの、比較的緩やかであることが知られていること(STUPP and FAHL, 2003), また前述の通り、クロチアニジンの1 齢幼虫に対する殺虫効果が高いこと、等を考慮すると、クロチアニジンはコガネムシのふ化以前にあらかじめ土壌中に施用しておく方法に適合すると考えられる。

一方、活動時期の2 齢および3 齢幼虫への施用であっても、生息域の土壌中クロチアニジン濃度を0.1 mg a.i./kg soil 程度にすることができれば、食害抑制により被害を防ぐことが可能であると考えられる。

以上のように、クロチアニジンは①幼虫のふ化前に薬剤施用する方法、②幼虫の活動時期に薬剤施用する方法、のいずれにおいても活用できる特性を有することが確認された。これらの知見は、本剤を用いたコガネムシ防除法を構築するうえで有用であると考えられる。

おわりに

クロチアニジンは、2002年に国内で農薬登録となり、以降、本成分を含む各種の製品が登録され、幅広い場面で使用されてきた。

コガネムシ類幼虫防除用の製品としては、芝用途でクロチアニジン50%顆粒水和剤(フルスウィング®顆粒水和剤)と、サツマイモ(かんしょ)用途でクロチアニジン0.5%粒剤(ダントツ®粒剤)が農薬登録されている。

芝のクロチアニジン50%顆粒水和剤は、成虫期から幼虫期の幅広い時期の施用が可能であり、2002年の上市以来10年以上の長きにわたって使用されている。

一方、サツマイモのクロチアニジン0.5%粒剤は、植え付け前から植え付け時に作条処理土壌混和あるいは全面処理土壌混和で使用できる。作期の長いサツマイモ栽培において高い効果が得られるだけでなく、施用時に水による希釈が不要なことなども本剤の特徴である。施用時の労力を大幅に削減できる省力化資材として、近年、南九州などで広く活用されている。

今後は、より効果が高いクロチアニジンを用いたコガネムシ類の防除法を確立するため、圃場条件での検討も含め、防除効果の発現メカニズムや有効成分の動態についての解析を継続する予定である。また、本検討を応用し、各場面での難防除害虫の問題解決に資し得るようなクロチアニジンの活用法を検討していきたい。

引用文献

- 1) 藤山静雄(1997):応動昆 41:121～131.

- 2) 廿日出正美ら (1984): 同上 28: 14 ~ 19.
 3) JESCHKE, P. et al. (2003): Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 56: 5 ~ 25.
 4) _____ and R. NAUEN (2008): Pest Manag. Sci. 64: 1084 ~ 1098.
 5) 久保田篤男・嶋崎 豊 (1987): 関東東山病虫研報 34: 153 ~ 154.
 6) 松井武彦・上田康郎 (1981): 同上 28: 95 ~ 96.
 7) STUPP, H. and U. FAHL (2003): Pflanzenschutz Nachrichten Bayer 56: 59 ~ 74.

(新しく登録された農薬 12 ページからの続き)

「除草剤」

●グリホサートイソプロピルアミン塩・ピラフルフェンエチル水和剤

23279: ネコソグクイックプロシャワー (レインボー薬品) 13/6/12

グリホサートイソプロピルアミン塩: 0.30%

ピラフルフェンエチル: 0.0016%

かんきつ: 一年生及び多年生雑草

樹木等 (公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地, 墓地, のり面等): 一年生及び多年生雑草, スギナ

●トブラメゾン液剤

23280: アルファード液剤 (日本曹達) 13/6/13

トブラメゾン: 3.6%

飼料用とうもろこし: 一年生雑草

●ヘキサジノン粒剤

23281: HCC レールシャープ粒剤 (保土谷化学) 13/6/13

23282: レールシャープ粒剤 (保土谷アグロテック) 13/6/13

23283: クサハンター DX 粒剤 (レインボー薬品) 13/6/13

23284: ベルパー 1.5 粒剤 (デュボン) 13/6/13

ヘキサジノン: 1.5%

樹木等 (公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地, 墓地, 鉄道等): 一年生雑草, 多年生雑草, スギナ

●ヘキサジノン水溶液

23285: HCC プルトン水溶液 (保土谷化学) 13/6/13

23286: プルトン水溶液 (保土谷アグロテック) 13/6/13

23287: デュボンベルパー水溶液 (デュボン) 13/6/13

ヘキサジノン: 75.0%

樹木等 (公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地, 墓地, 鉄道等): 一年生雑草

●ヘキサジノン・DBN 粒剤

23288: ラーチ E 粒剤 (保土谷アグロテック) 13/6/13

23289: 草退治 E 粒剤 (住友化学園芸) 13/6/13

ヘキサジノン: 1.0%

DBN: 0.70%

樹木等 (公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地,

墓地, 鉄道等): 一年生雑草, 多年生雑草, スギナ

●ヘキサジノン・DBN・DCMU 粒剤

23290: ワイドウェイ V 粒剤 (保土谷アグロテック) 13/6/13

23291: ネコソグイエース V 粒剤 (レインボー薬品) 13/6/13

ヘキサジノン: 1.0%

DBN: 1.0%

DCMU: 3.0%

樹木等 (公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地, 墓地, 鉄道等): 一年生雑草 (雑草発生前)

樹木等 (公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地, 墓地, 鉄道等): 一年生雑草, 多年生雑草, スギナ (雑草生育初期)

●d-リモノネン乳剤

23293: オレンジパワー 70 (エス・ディー・エス バイオテック) 13/6/13

d-リモノネン: 70.0%

樹木等 (公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地, のり面, 鉄道等): 一年生及び多年生広葉雑草

●ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ水和剤

23297: 協友シーゼットフロアブル (協友アグリ) 13/6/26

ピリブチカルブ: 5.7%

プロモブチド: 10.0%

ベンゾフェナップ: 12.0%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズカヤツリ, ヒルムシロ, ヘラオモダカ (田植同時散布機で施用)

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズカヤツリ, ヒルムシロ, ヘラオモダカ (湛水散布, 水口施用又は無人ヘリコプターによる滴下)

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズカヤツリ, ヒルムシロ (田植同時散布機で施用)

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズカヤツリ, ヒルムシロ (湛水散布, 水口施用又は無人ヘリコプターによる滴下)

移植水稲: 移植直後〜ノビエ1葉期ただし, 移植後30日まで (湛水散布)