サツマイモのネコブセンチュウに対する 4種接触型粒剤の防除効果

福田 健[†]・林川 修二^{*}
(鹿児島県農業開発総合センター大隅支場)

Effects of four contact-type nematicides on the control of *Meloidogyne* spp. on sweet potato. Takeshi Fukuda[†] and Shuji Hayashikawa^{*} (Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development, Osumi Branch, Kanoya, Kagoshima 893-1601, Japan)

ネコブセンチュウに対して農薬登録を有するホスチアゼート粒剤、イミシアホス粒剤、カズサホスマイクロカプセル粒剤、オキサミル粒剤の4種接触型粒剤を用いてサツマイモのネコブセンチュウに対する防除効果を検討した。全面土壌混和处理では、カズサホスマイクロカプセル粒剤に比べてイミシアホス粒剤、オキサミル粒剤の無被害塊根数が有意に多く、薬剤の間で違いがみられた。一方で、全面土壌混和处理と同薬量の作条土壌混和处理では、無被害塊根数は薬剤間で差がみられなかった。作条土壌混和处理は畦内の土壌中のみに薬剤が分布し、畦内の薬量は全面土壌混和处理に比べて多く含まれていると推察され、畦内土壌中の薬量の違いが効果に影響を及ぼしたと考えられた。なお、2016年4月時点でのサツマイモのネコブセンチュウに対する4種接触型粒剤の農薬登録状況は、全面土壌混和处理ではすべて登録があるものの、作条土壌混和处理ではイミシアホス粒剤およびカズサホスマイクロカプセル粒剤は未登録である。

Keywords: broadcast treatment, center drive type, root gall, row treatment, side drive type

緒 言

ネコブセンチュウ (*Meloidogyne* spp.) は汎世界的に分布し、農業生産上最も重要な植物寄生性線虫と考えられる (奈良部, 2004)。サツマイモネコブセンチュウ *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) はサツマイモに対して吸収根の減少を引き起こすことが知られ (山下, 2003), 不定根の発生初期から侵入し塊根形成を阻害する (佐野, 1994)。ネコブセンチュウの防除には、抵抗性品種や太陽熱および熱水を利用した技術等が期待できるが (水久保, 2014), 一般的には土壌燻蒸剤や接触型粒剤などの殺線虫剤に大きく依存している。土壌燻蒸剤は速効性を有するが、黒ボク土など軽しうな土壌では効果に振れが生じやすく (中園ら, 1995), 被覆、ガス抜き等の作業性や

刺激臭等による作業従事者への悪影響や環境への負荷が懸念される。一方で、接触型粒剤は即効的な殺線虫効果が低いものの、地温の影響を受けることも少なく、植付け直前の処理であっても薬害が生じない (上田, 1995)。また、作業が簡便でかつ安全性が高く、鹿児島県では接触型粒剤の使用量が増加傾向で (鹿児島県病害虫防除所, 2015), 生産現場では基幹作物であるサツマイモでの利用も多くなっている。しかし、サツマイモでのネコブセンチュウに対するホスチアゼート粒剤の効果事例はあるものの (上田, 1995), 他の接触型粒剤を含めて実証事例が少ない。接触型粒剤の使用方法には全面土壌混和のほか、一部の薬剤には作条土壌混和での登録もあり、両方でネコブセンチュウに対する効果の違いも考えられる。

そこで、本研究では、サツマイモのネコブセンチュウ害に対して農薬登録を有する、ホスチアゼート粒剤 (商品名: ネマトリンエース粒剤), イミシアホス粒剤 (商品名: ネマキック粒剤), カズサホスマイクロカプセル粒剤 (商品名: ラグビーMC粒剤), オキサミル粒剤 (商品名: バイデートL粒剤) の4種接触型粒剤

[†] fukuda-takesi@pref.kagoshima.lg.jp

^{*} 現在 鹿児島県農業開発総合センター

^{*} Present address : Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development, Minamisatsuma, Kagoshima 899-3401, Japan

を用いて、全面土壌混和および作条土壌混和で効果を検討したので、その結果を報告する。

なお、本研究にあたり、多くの有意義なご助言をいただいた龍谷大学農学部資源生物科学科の岩堀英晶教授に篤く御礼申し上げます。

材料および方法

1. 試験場所および供試作物

試験は、鹿児島県農業開発総合センター大隅支場内のネコブセンチュウ汚染圃場（多腐植質厚層黒ボク土）において、2013年と2014年の2カ年実施した。試験には、ネコブセンチュウにやや弱いサツマイモの品種「コガネセンガン」を用いた。

2. 供試薬剤の処理量および処理方法

供試薬剤の処理量はホスチアゼート粒剤20kg/10a、イミシアホス粒剤20kg/10a、カズサホスマイクロカプセル粒剤20kg/10a、オキサミル粒剤40kg/10aとした。

2013年は5月9日に全面土壌混和で供試薬剤の処理を行った。すなわち、供試薬剤を全面散布し、トラクタで耕耘後にサイドドライブ型の1畦用畦立マルチャで作畦し、黒マルチを被覆した。なお、無処理区では薬剤処理区とは異なり、トラクタでの耕耘を行わずに、作畦および黒マルチの被覆を行った。

2014年は5月22日に作条土壌混和で供試薬剤の処理を行った。すなわち、供試薬剤を畦中央10～15cm幅に処理後、サイドドライブ型の1畦用畦立マルチャで作畦し、黒マルチを被覆した。

3. 耕種概要

2013年の植付けは処理4日後（5月13日）に行い、各試験区の面積は64.8㎡（2.7m×24m）、株間30cm×3畦の204株植えとし、3反復で試験を行った。

2014年の植付けは処理当日（5月22日）に行い、各試験区の面積は21.6㎡（0.9m×24m）、株間30cm×1畦の80株植えとし、3反復で試験を行った。

4. ネコブセンチュウ2期幼虫の密度推移

2013年には処理前の5月9日に深さ約10～15cmの土壌を各区任意の5カ所から採取した。生育期間中は、処理13日後（5月22日）、処理26日後（6月4日）、処理39日後（6月17日）、処理74日後（7月22日）および処理143日後（10月1日）に、各区任意8株の株元深さ約10～15cmから土壌を採取して区のサンプルとした。

2014年には処理前の5月22日に深さ約10～15cmの土壌を各区任意の5カ所から採取した。生育期間中は、

処理15日後（6月6日）、処理29日後（6月20日）、処理41日後（7月2日）、処理74日後（8月4日）および処理127日後（9月26日）に、各区任意8株の株元深さ約10～15cmから土壌を採取して区のサンプルとした。

2013年、2014年とも各区の土壌採取量はおよそ500～600gで、採取してよく混和した後、生土20gをベルマン法3反復で線虫分離を行い、得られた個体数の平均値をデータとして用いた。なお、ベルマン法による線虫分離は25℃前後に調節された室内で行い、分離時間は72時間とした。

5. 根こぶの着生状況

2013年、2014年ともに、2期幼虫の密度調査を行った各区から8株を採取し、根を水で洗浄して、下記に示す根こぶ形成程度別基準を用いて根こぶ指数を算出した。

（根こぶ形成程度別基準）

0：根系全体に根こぶを全く認めない

1：根こぶを数個認める

2：根の一部に多数の根こぶを認めたり、根全体にまばらに認められる

3：根全体に多数の根こぶを認める

4：ときに大きな根こぶが連なって認められる

5：全体的に大きな根こぶが連なって認められる

根こぶ指数 = $[\Sigma (\text{根こぶ形成程度} \times \text{根こぶ形成程度別株数}) / (\text{調査株数} \times 5)] \times 100$

6. サツマイモ塊根の被害調査

2013年10月1日および2014年9月26日の収穫時に無作為に20株ずつ掘り取り、50g以上の塊根について、下記に示す塊根の外観に基づく被害程度の階級に分けて調査した。

階級0：被害無し

階級1：塊根の表面の毛穴がやや深く、形状がややいびつな塊根（出荷可能）

階級2：くびれ、裂開の甚大な被害のある塊根（出荷不可）

7. 統計検定

ネコブセンチュウ2期幼虫の密度、サツマイモの出荷可能な塊根数および無被害塊根数についての統計検定は、探索的統計解析ソフトウェアJMP[®]（SAS Institute）を用いて行った。

結 果

1. ネコブセンチュウ2期幼虫の密度推移

2013年の全面土壌混和処理では、各区の処理前の土

壤20g当たりの2期幼虫数は1.0~2.5頭で、無処理区では処理39日後まで3頭以下で推移したが、74日後から密度は高まり、処理143日後には130頭以上に増加した(第1表)。ホスチアゼート粒剤、イミシアホス粒剤およびオキサミル粒剤では処理13~39日後まで2期幼虫が認められなかった。一方、カズサホスマイクロカプセル粒剤では処理13日後に1頭で、他剤に比べて早期から2期幼虫がみられた。処理74日後および143日後の4剤の間には2期幼虫数に有意な差はみられなかったものの、処理74日後はイミシアホス粒剤が0.2頭、オキサミル粒剤が1.3頭で、ホスチアゼート粒剤およびカズサホスマイクロカプセル粒剤に比べて密度は低く、処理143日後の2期幼虫数はイミシアホス粒剤の3.3頭が最も少なかった(第1表)。

2014年の作条土壌混和处理では、各区の処理前の2期幼虫数は0.8~2.5頭で、2013年の処理前とほぼ同様の密度であった。無処理区では処理41日後まで1頭以下で推移したが、74日後から密度は高まり、処理127日後には200頭以上に増加した(第2表)。ホスチアゼート粒剤、イミシアホス粒剤およびオキサミル粒剤では処理15~41日後まで2期幼虫が認められなかった。一方、カズサホスマイクロカプセル粒剤では他剤に比べて処理29日後の早期から2期幼虫がみられた。処理74日後の4剤の間には2期幼虫数に有意な差がみられ、オキサミル粒剤は6.4頭、イミシアホス粒剤は6.9頭、ホスチアゼート粒剤が9.6頭とカズサホスマイクロカプセル粒剤に比べて密度は低く、処理127日後の2期幼虫数はイミシアホス粒剤が26.1頭で最も少なかった(第2表)。

2. 根こぶの着生状況

2013年の全面土壌混和处理では、無処理区で処理26日後に根こぶの着生が認められ、処理74日後には大きな根こぶが連なっている株もみられ、処理143日後の根こぶ形成程度は甚~激甚であった。一方、4剤の根こぶの着生はいずれも処理39日後から認められ、根こぶ指数はいずれも収穫時の処理143日まで上昇した。4剤の中では処理39日後、74日後および143日後でイミシアホス粒剤の根こぶ指数が最も低く、カズサホスマイクロカプセル粒剤が最も高く推移した(第3表)。

2014年の作条土壌混和处理においては、無処理区では処理29日後に根こぶの着生が認められ、処理74日後には大きな根こぶが連なっている株もみられ、処理127日後の根こぶ形成程度は甚~激甚であった。一方、4剤の根こぶの着生は、カズサホスマイクロカプセル粒剤が無処理区と同様に処理29日後から認められ、4

剤の中では根こぶ指数が処理41日後、74日後、127日後で最も高く推移した。ホスチアゼート粒剤、イミシアホス粒剤、オキサミル粒剤の根こぶの着生はいずれも処理41日後から認められ、処理127日後までのホスチアゼート粒剤、イミシアホス粒剤、オキサミル粒剤の根こぶ指数は、カズサホスマイクロカプセル粒剤に比べて低く推移した(第4表)。

3. サツマイモ塊根の被害調査

2013年の全面土壌混和处理では、出荷可能塊根数(階級0+階級1)には供試した4薬剤間で有意な差が認められなかった。しかし、無被害塊根数(階級0)は、イミシアホス粒剤およびオキサミル粒剤に比べて、カズサホスマイクロカプセル粒剤で有意に少なかった(第5表)。

2014年の作条土壌混和处理では、出荷可能塊根数および無被害塊根数は、イミシアホス粒剤が無処理区に比べて有意に多かったものの、出荷可能塊根数および無被害塊根数には供試した4薬剤間に有意な差が認められなかった(第6表)。

考 察

2013年に全面土壌混和による4種接触型粒剤の効果と比較した結果、ネコブセンチュウ2期幼虫による無被害塊根数は、イミシアホス粒剤およびオキサミル粒剤がカズサホスマイクロカプセル粒剤に比べて有意に多かった。カズサホスマイクロカプセル粒剤では2期幼虫が処理13日後から認められていることから、他の3剤に比べて栽培初期の密度を十分に抑えられなかったと考えられる。一方で、イミシアホス粒剤およびオキサミル粒剤では処理74日後まで2期幼虫の密度を低く抑えたことが、防除効果につながったと考えられた。

2014年の作条土壌混和处理では、4種接触型粒剤の間には無被害塊根数で差がみられなかった。全面土壌混和处理では、圃場全体の土壌中に薬剤が分布しているが、作条土壌混和处理は畦内の土壌中のみに薬剤が分布し、畦内の4種接触型粒剤の各薬量は全面土壌混和处理に比べて多く含まれていると推察され、畦内土壌中の薬量の違いが効果に影響を及ぼしたと考えられた。

本試験では、作条土壌混和处理での畦立マルチャにはサイドドライブ型を供試した。農薬を畦内へ均等に混和するためには、駆動軸が畦中央部には存在せず、機体側面にあるサイドドライブ型の畦立マルチャが適するとの報告がある(馬門ら、2012)。また、西野(1986)は接触型防除剤を十分に土壌混和することで

第1表 全面土壌混和处理でのネコブセンチュウ2期幼虫の密度推移 (2013年)^{a)}

薬剤名	処理前	処理後日数 ^{b)}				
		13	26	39	74	143
ホスチアゼート粒剤	1.0	0	0	0	4.3 ab	29.9 a
イミシアホス粒剤	2.0	0	0	0	0.2 b	3.3 a
カズサホスマイクロカプセル粒剤	1.0	1.0	0	0.5	26.5 ab	278.4 a
オキサミル粒剤	2.2	0	0	0	1.3 b	59.0 a
無処理	2.5	2.3	0	0.8	67.2 a	134.6 a

a) 各区8株調査。数値は3区画の生土20gあたり平均頭数。

b) 異なる英小文字間に有意差あり (Tukey-HSD 検定, $P<0.05$)。**第2表** 作条土壌混和处理でのネコブセンチュウ2期幼虫の密度推移 (2014年)^{a)}

薬剤名	処理前	処理後日数 ^{b)}				
		15	29	41	74	127
ホスチアゼート粒剤	2.5	0	0	0	9.6 b	67.4 ab
イミシアホス粒剤	1.8	0	0	0	6.9 b	26.1 b
カズサホスマイクロカプセル粒剤	0.8	0	0.3	0.5	67.5 a	144.6 ab
オキサミル粒剤	1.0	0	0	0	6.4 b	105.7 ab
無処理	1.0	0.2	0.2	0.3	89.3 a	215.7 a

a) 各区8株調査。数値は3区画の生土20gあたり平均頭数。

b) 異なる英小文字間に有意差あり (Tukey-HSD 検定, $P<0.05$)。**第3表** 全面土壌混和处理での根こぶ指数の推移 (2013年)^{a)}

薬剤名	処理後日数				
	13	26	39	74	143
ホスチアゼート粒剤	0±0	0±0	6.7±3.8	18.3±6.3	68.3±1.4
イミシアホス粒剤	0±0	0±0	1.7±2.9	3.3±1.5	46.0±9.0
カズサホスマイクロカプセル粒剤	0±0	0±0	10.0±4.3	30.8±3.8	77.5±10.9
オキサミル粒剤	0±0	0±0	2.5±2.5	13.3±5.8	56.8±2.5
無処理	0±0	5.8±3.8	18.3±2.9	52.5±13.2	92.5±6.6

a) 各区8株調査。数値は3区画の平均値±標準偏差。

効果が期待できるとしている。薬剤間の効果に差が生じなかったのは、4種薬剤が畦内の土壌中に均一に混和され、土壌中に分布していたことも影響したと推察された。しかし、鹿児島県のサツマイモ栽培で利用されている畦立マルチャはサイドドライブ型に比べて、駆動軸が畦中央に装着されているセンタードライブ型が多い。これまで、センタードライブ型でホスチアゼート粒剤を作条土壌混和した場合、畦中央の深さ0~20cmに多く分布しているのに対して、畦中央の深さ20~30cmおよび畦端の各層の分布は極めて少なく、ホスチアゼート粒剤が畦内に均一に混和されていないことが示唆されている (馬門ら, 2012)。また、大崎・

福地 (2010) はイミシアホス粒剤の土壌混和が不十分な場合には、効果不足が生じるとしていることから、今後はセンタードライブ型を薬剤混和に利用した場合の検討も必要と考えられる。

サツマイモ栽培における全面土壌混和处理は、薬剤を全面散布し、トラクタ耕耘後に畦立マルチャで作畦およびマルチ被覆を行う。一方、作条土壌混和处理は、薬剤処理後に畦立マルチャで作畦およびマルチ被覆を行うため、全面土壌混和处理に比べて作業工程が削減され、作業時間の短縮につながる。また、機械散布による作条土壌混和处理は全面土壌混和处理に比べて、散布むらが生じにくく、防除効果の安定につながるこ

第4表 作条土壤混和处理での根こぶ指数の推移 (2014年)^{a)}

薬剤名	処理後日数				
	15	29	41	74	127
ホスチアゼート粒剤	0±0	0±0	2.5±3.8	19.2±5.8	64.2±5.2
イミシアホス粒剤	0±0	0±0	2.5±2.5	20.8±9.5	60.8±1.4
カズサホスマイクロカプセル粒剤	0±0	3.3±2.9	10.0±0	51.7±5.2	73.3±5.8
オキサミル粒剤	0±0	0±0	1.7±1.4	18.3±10.1	59.2±3.8
無処理	0±0	4.2±1.4	30.0±2.5	62.5±0	78.3±8.0

a) 各区8株調査。表中の数値は3区画の平均値±標準偏差。

第5表 全面土壤混和处理でのサツマイモの塊根数 (2013年)^{a)}

薬剤名	調査塊根数 (個)	出荷可能塊根数 ^{b)} (個)	無被害塊根数 ^{b)} (個)
ホスチアゼート粒剤	105.3±2.1	93.3±4.6 ab	72.7±3.8 ab
イミシアホス粒剤	116.7±5.5	109.3±5.5 a	93.7±4.2 a
カズサホスマイクロカプセル粒剤	95.0±13.1	81.3±18.4 ab	42.3±14.6 bc
オキサミル粒剤	116.7±4.7	106.7±4.2 a	87.7±6.7 a
無処理	96.7±17.4	69.0±27.7 b	35.3±25.4 c

a) 各区20株調査。表中の数値は3区画の平均値±標準偏差。

b) 異なる英小文字間に有意差あり (Tukey-HSD 検定, $P<0.05$)。第6表 作条土壤混和处理でのサツマイモの塊根数 (2014年)^{a)}

薬剤名	調査塊根数 (個)	出荷可能塊根数 ^{c)} (個)	無被害塊根数 ^{c)} (個)
ホスチアゼート粒剤	75.3±23.1	72.0±22.5 ab	66.3±21.7 ab
イミシアホス粒剤 ^{b)}	81.3±7.5	80.0±5.6 a	76.3±4.7 a
カズサホスマイクロカプセル粒剤 ^{b)}	71.0±3.6	62.7±3.8 ab	53.7±9.3 ab
オキサミル粒剤	73.0±4.6	68.7±5.7 ab	60.3±3.1 ab
無処理	65.3±6.1	53.3±8.7 b	44.3±7.8 b

a) 各区20株調査。表中の数値は3区画の平均値±標準偏差。

b) サツマイモのネコブセンチュウに対するイミシアホス粒剤およびカズサホスマイクロカプセル粒剤の作条土壤混和处理は2016年4月時点で未登録。

c) 異なる英小文字間に有意差あり (Tukey-HSD 検定, $P<0.05$)。

とが期待でき、効率かつ効果的な処理方法と考えられる。2カ年の試験では4種接触型粒剤の中で、サツマイモのネコブセンチュウに対してイミシアホス粒剤は全面および作条土壤混和处理のいずれにおいても防除効果が認められたものの、サツマイモでのイミシアホス粒剤の農薬登録は2016年4月時点で全面土壤混和处理のみであり、今後、作条土壤混和处理での農薬登録が望まれる。

引用文献

鹿児島県病害虫防除所 (2015) 平成26年度植物防疫事業実績書: 181.

馬門克明・大村幸次・溜池雄志・福田 健・今井 修 (2012) 畦立マルチャの構造の違いが肥料・農薬の混和に及ぼす影響. 農生技管学誌 19: 64-65. (講要)

水久保隆之 (2014) 秋冬野菜の土壤害虫の発生と防除対策. 植物防疫 68: 56-59.

中國和年・立石 靖・本田義晴 (1995) キュウリのサツマイモネコブセンチュウに対するくん蒸型および接触型線虫防除剤の併用効果. 日線虫誌 23: 39-43.

奈良部 孝 (2004) 各論 1 ネコブセンチュウー *Meloidogyne* 属ー. 線虫の見分け方. 植物防疫 特別増刊号 8: 11-16.

- 西野敏勝（1986）数種接触型線虫防除剤のネコブセンチュウに対する防除効果. 九病虫研会報 32：189-191.
- 大崎憲生・福地俊樹（2010）新規線虫防除剤イミシアホス（ネマキック[®]）粒剤の特性と使い方. 植物防疫 64：333-337.
- 佐野善一（1994）サツマイモ肥大初期におけるサツマイモネコブセンチュウの寄生状況. 九病虫研会報 40：155.（講要）
- 上田康郎（1995）サツマイモのネコブセンチュウ防除の現状と展望. 日線虫誌 25：105-112.
- 山下正隆（2003）サツマイモの根系形成に及ぼすサツマイモネコブセンチュウの影響. 根の研究 12：115-118.
- （2016年4月30日受領, 7月29日受理）