

## ガーベラ栽培における臭化メチル代替薬剤のネコブセンチュウ防除効果

南 晴文\*・竹内 浩二・沼沢 健一\*<sup>2</sup>・堀江 博道

キーワード：ネコブセンチュウ，臭化メチル，臭化メチル代替薬剤，ガーベラ

### 緒 言

東京都大島町（伊豆大島）の平成15年度農業産出額は6億7千万円で、ガーベラはそのうちの10%以上を占める主要品目である。大島町におけるガーベラ栽培の主流は、土耕による養液栽培であり、購入苗を定植後3年間の栽培を行い改植するのが一般的である。

しかしながら、栽培途中でネコブセンチュウ（種未同定；以下、「線虫」と表記）の被害を受け、生産額が減少して3年間の栽培が困難となるので（図版I-1・2）、線虫防除対策として、苗の定植前に臭化メチル剤による土壌消毒が行われてきた。しかし、同剤は2005年1月1日をもって不可欠用途を除いては使用できなくなり、各種代替薬剤による土壌消毒の有効性の有無を明確にする必要が生じた。このために線虫密度の違いによるガーベラの生育阻害程度および代替薬剤による線虫の防除効果を確認することを生産者や農業改良普及センターから要望されてきた。そこで、線虫防除対策の基礎資料とするために2つのモデル実験を行った。第1に線虫密度の異なる土壌を充填したポットに健全なガーベラ苗を定植し被害状況の推移を確認し、第2に線虫に汚染した土壌を充填した隔離ベンチでガーベラ栽培による代替薬剤の線虫防除効果を明らかにする。その結果、一定の結論を得たので報告する。なお、実験1の概要については、関東東山病害虫研究会報において発表した（堀江ら，2004）。

本実験は、農林水産部所管の「臭化メチル代替技術緊急確立事業」の中で、平成13～16年度に実施したものである。実験実施にあたり、種々のご協力をいただいた東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所

（前東京都農業試験場大島園芸技術センター）増山盛正氏，東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所（前東京都中央農業改良普及センター大島支所）改良普及員および生産者各位に厚くお礼申し上げる。

### 材料および方法

#### 1. 線虫密度の違いによるガーベラ生育阻害の確認（実験1）

生産圃場において線虫による被害が生じている株元の土壌（以下、「汚染土」と表記）を2001年7月2日に採取した。汚染土は線虫寄生根などの植物残渣をできるだけ取り除いた後によく攪拌し、線虫密度が均一になるようにした。また、汚染土と混合する畑土壌は土壌蒸気消毒機（丸文製作所製，SB-200）により、100℃，1時間，消毒した（以下、「消毒土」と表記）。実験区は、①汚染土100%区：汚染土のみ，②汚染土10%区：汚染土10%+消毒土90%，③汚染土1%区：汚染土1%+消毒土99%，④消毒土区：消毒土のみの4区とした。各区，土壌2ℓをポリポット（直径18cm，深さ12cm）に充填し，直後の2001年7月6日にガーベラ‘スマッシュ’苗を各1株定植した。各区12鉢とした。施肥管理は各区とも元肥として緩効性肥料を標準量施用し，灌水については各区の状況に応じて適宜に行った。

線虫調査は，実験開始時に各区3ポットから採取した合計100gの土壌を混和し，それぞれ25gについて，ベルマン法によりネコブセンチュウ2期幼虫を計数した。調査は3反復し，平均値を求めた。

生育調査は消毒土区の初開花時から始め，適宜，採花し，花本数，花柄長，花直径，および花と花柄の合計重（花・花柄重）を測定した。また，定植84日後の

(\*東京都島しょ農林水産総合センター・\*<sup>2</sup>東京都病害虫防除所)

9月28日および161日後の12月14日(実験終了時)には、生葉数および枯葉数を求め、株を掘り出して根に付着した土壌を洗い落とし、水分をペーパータオルで拭いたのち、直ちに生株重を測定した。

## 2. ガーベラ栽培による代替薬剤の線虫防除効果

### (実験2)

ガーベラ品種として実験1同様‘スマッシュ’を用いた。

代替薬剤として、ソイリーン(クロルピクリン・D-Dくん蒸剤;クロルピクリン4.2%, 1,3ジクロロプロペン5%), ガスタード微粒剤(ダゾメット粉粒剤;ダゾメット98%), ネマトリンエース粒剤(ホスチアゼート粒剤;ホスチアゼート1.5%)およびアオバ液剤(ホスチアゼート液剤;ホスチアゼート30%)の4剤を用いた。

汚染土壌は、実験1と同一の生産圃場から2003年5月30日に採取し、同様に調整した汚染土1200を準備した。また、汚染土と混合する消毒土も実験1と同様にして準備した。処理区は、臭化メチル剤処理区と各代替薬剤処理区および無処理区の6区とし、各処理、施肥およびガーベラの定植は以下のように行い、実験区を準備した。各処理区の薬剤処理量はそれぞれの登録内容に従い、ガーベラに登録のないアオバ液剤についてはトマトなどの登録内容に準じた。臭化メチル剤区:6月3日、200の汚染土をプラスチック容器に20cmの高さにして整地し、予め耕起した10m<sup>2</sup>の露地圃場の中央に置きプラスチックフィルムにより10m<sup>2</sup>の露地ごと被覆して500gの臭化メチル剤を処理した。処理7日後の6月10日にガス抜きを行い隔離ベンチ内(縦150cm, 横85cm, 深さ20cm)で1800の消毒土と混和して施肥を行った。ソイリーン区:6月3日、200の汚染土と1800の消毒土を隔離ベンチ内で混和し、液量2m<sup>3</sup>, 深度15cmで、20点・等間隔のチドリ状に土壌消毒機(丸山製作所製, MI3A)で薬剤を灌注処理し、プラスチックフィルムにより被覆した。処理7日後の6月10日にガス抜き施肥を行った。ガスタード微粒剤区:6月3日にソイリーン区同様に隔離ベンチ内に土壌を準備して26g(20kg/10a相当)の薬剤を均一に散布・混和しプラスチックフィルムにより被覆した。7日後の6月10日にガス抜き施肥を行った。ネマトリンエース粒剤区:6月3日にソイリーン区同様に隔

離ベンチ内に土壌を準備し、7日後の6月10日に26g(20kg/10a相当)の薬剤を均一に散布・混和し施肥を行った。これら4区については、処理・施肥完了後に実験区を2つに分割(縦75cm, 横85cm)し、6月16日に1区あたり7株のガーベラを等間隔に定植した。アオバ液剤区:6月3日にソイリーン区同様に隔離ベンチ内に土壌を準備して6月10日に施肥して実験区を2分割した。6日後の6月16日にガーベラ7株を等間隔に定植し、4,000倍に希釈したアオバ液剤1.40をジョロで株回りに均等に灌注した。その直後20の水を実験区全面にジョロで灌水した。無処理区:6月3日にソイリーン区同様に隔離ベンチ内に土壌を準備し、7日後の6月10日に施肥し実験区を2分割した。6月16日には7株のガーベラを隔離ベンチ内に等間隔に定植した(図版I-3)。

線虫調査は、土壌混和前の5月28日、ガーベラ定植106日後の9月21日、178日後の12月11日および202日後の2004年1月4日に行った。線虫数の測定は、各区3点から採取した土壌100gから25gの土壌を2度抽出し、2期幼虫数をベルマン法により計数した。なお、処理前の線虫数は、土壌25gあたり8.0頭であった。

形質調査は、花本数、花柄長、花直径および花・花柄重を測定し、平均値を求めた。また、実験終了時の1月13日には生葉数を求め、株を掘り出し、実験1と同様に生株重を測定し、さらに、根こぶ程度を0~4の被害度で記録し被害度指数を算出した。根こぶ発生は、線虫寄生による細根部の脱落が認められる株があったので、牽引根に確認された根こぶの大きさと数をもとに被害度を次のように記録した。被害度0:根こぶは全体の牽引根にまったく認められない、1:極僅かの牽引根に小さい根こぶが認められる、2:少しの牽引根に小さい根こぶが認められる、3:半分の牽引根に大きい根こぶが多数認められる、4:全体の牽引根に大きい根こぶが多数認められる。

## 結果および考察

### 1. 線虫密度の違いによるガーベラ生育阻害の確認

実験区の線虫密度について、実験開始時には、汚染土100%区では土壌25gあたり389.0頭の線虫密度であり、同10%区では45.8頭、同1%区では3.0頭、消毒土区では0.0頭であった。汚染土100%区を基準とする

と、計算上は同10%区では土壌25 gあたり39.0頭、同1%区では同4.0頭棲息することになるが、土壌混和および線虫分布を均一化させる困難性を考慮すれば、各実験区の線虫密度から、所期の目的の汚染土混和区を設定できたと判断できる。

本実験ではガーベラのポット定植が通常の間場への定植時期より遅れたため、苗の活着がやや悪かったが、

定植2週間後の消毒土区での一部掘り取り調査によって新根の伸長が認められた。同時期に各汚染土区における新根を観察すると、汚染土100%区のみで、新根に線虫被害特有の根こぶ症状が確認でき、線虫密度が高い場合にはガーベラ苗の定植2週間以内に線虫が根に侵入・寄生して、初期の症状を現わすことが明らかとなった。

表1 ネコブセンチュウ密度の違いによるガーベラの収量および品質（上段8月，下段8～12月合計）

区	花本数 <sup>a)</sup>	花柄長 <sup>a)</sup> (cm)	花直径 <sup>a)</sup> (cm)	花・花柄重 <sup>b)</sup> (g)
1. 汚染土100%	1.4±0.49* (64)	33.0±2.68* (77)	5.4±0.28* (83)	5.4±0.54* (64)
2. 汚染土 10%	1.2±0.37* (55)	39.0±1.63* (91)	6.4±0.19 (98)	6.5±0.29 (77)
3. 汚染土 1%	1.8±0.55 (82)	41.0±2.27 (95)	6.3±0.24 (97)	6.7±0.52 (80)
4. 消毒土	2.2±0.37	43.0±3.03	6.5±0.20	8.4±0.79

区	花本数 <sup>a)</sup>	花柄長 <sup>a)</sup> (cm)	花直径 <sup>a)</sup> (cm)	花・花柄重 <sup>b)</sup> (g)
1. 汚染土100%	2.6±0.65* (44)	29.8±4.71* (66)	5.6±0.38* (84)	5.3±0.74* (58)
2. 汚染土 10%	2.2±0.56* (37)	34.5±8.37* (88)	6.3±0.29* (94)	6.8±0.61* (75)
3. 汚染土 1%	4.4±0.72 (75)	39.4±3.71* (90)	6.3±0.27* (94)	7.1±0.86* (78)
4. 消毒土	5.9±0.72	44.9±5.12	6.7±0.46	9.1±1.45

注) 数値は12株の平均±S.D. ( ) は「消毒土」区を100とした値

a) : Dunnet多重比較検定 (p<0.01), b) : Kruskal-Wallis検定 (Seffe多重比較検定, p<0.01)

\* : 消毒土区 (対照区) との間に有意差があることを示す

表2 ネコブセンチュウ密度の違いによるガーベラの葉数および株重の差異

区	定植84日後 (9月28日)				枯葉数
	生葉数			計	
	10cm長以上	10cm長未満	計		
1. 汚染土100%	7.7±1.70* (65)	1.4	9.1 (74)	4.3 (205)	
2. 汚染土 10%	10.0±3.21 (92)	0.6	10.6 (86)	2.3 (110)	
3. 汚染土 1%	10.5±2.66 (88)	0.5	11.0 (89)	1.8 (86)	
4. 消毒土	11.9±1.85	0.4	12.3	2.1	

区	定植161日後 (12月14日)				株重 (g)
	生葉数			計	
	10cm長以上	10cm長未満	計		
1. 汚染土100%	3.1±1.19* (25)	3.4	6.5 (46)	3.5 (113)	22.3±9.61* (24)
2. 汚染土 10%	6.6±2.02* (53)	2.7	9.5 (67)	2.6 (84)	41.4±10.6* (45)
3. 汚染土 1%	10.7±2.39 (86)	2.2	12.9 (91)	2.2 (71)	60.7±10.3* (66)
4. 消毒土	12.4±1.38	1.8	14.2	3.1	91.9±10.2

注) 数値は12株の平均±S.D. ( ) は「消毒土」区を100とした値

\* : 消毒土区 (対照区) との間に有意差があることを示す (Dunnet多重比較検定, p<0.01)

線虫密度の違いによるガーベラの花本数、花直径などの収量および品質について表1に示す。調査初期の8月には月合計花本数ならびに花柄長は汚染土10%区および同100%区と消毒土区との間に有意差があり、また、花直径および花・花柄重については汚染土100%区と消毒土区の間において有意差が認められた。このことから、線虫密度が高い場合には、定植初期からガーベラに被害が生じることが明らかとなった。調査終了時の12月までの合計花本数と各品質については、汚染土100%および同10%区では各項目とも、また、線虫密度が低い汚染土1%区でも花柄長、花直径および花・花柄重において、いずれも消毒土区との間に有意差を認めた。

定植84日後および161日後（最終調査時）における

線虫密度の違いによる葉数の調査例および最終調査時の株重を表2に示す。この結果、葉長10cm以上の生葉数は定植84日後には汚染土100%区で少なく、最終調査時には同10%区においても消毒土区との間に有意差が認められた。最終調査時の株重については、1~100%の各汚染土区と消毒土区との間で有意な差があった。すなわち、汚染土100%区では消毒土区に対して24%の重さであり、また、同1%区でも66%と重量が少なく、生育が著しく阻害された（図版I-4）。

## 2. ガーベラ栽培による代替薬剤の線虫防除効果

各土壌消毒剤によるガーベラ栽培下での線虫防除効果を表3に示す。線虫数を調査した9月、12月および1月についてみると、ソイリーン、ガスタード微粒剤

表3 各土壌消毒処理後のガーベラ栽培における線虫（2期幼虫）数の推移

処理区	経過日数（月日）		
	106日（9/21）	178日（12/11）	202日（1/4）
臭化メチル剤	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
ソイリーン	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
ガスタード微粒剤	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
ネマトリンエース粒剤	6.5 ± 7.8	23.5 ± 6.4	18.5 ± 0.7
アオバ液剤	117.5 ± 10.6*	310.5 ± 27.6*	406.0 ± 24.0*
無処理	49.5 ± 48.8	76.0 ± 5.7	69.0 ± 19.8*

注) 数値は各区3点の平均±S. D.

\* : 臭化メチル剤区との間に有意差が有ることを示す（最小有意差検定,  $p < 0.01$ ）

およびネマトリンエース粒剤区は臭化メチル剤区との間に有意差はなく、同等の効果が認められた。一方、アオバ液剤区では9月、12月および1月の3回の調査において多数の線虫がみられ、臭化メチル剤区との間に有意差が認められた。さらに調査月が経過すると線虫密度が増加する傾向もあった。アオバ液剤がネマトリンエース粒剤と同一成分の薬剤であるにもかかわらず、アオバ液剤区において線虫数が増加した理由は、単位面積あたりのホスチアゼート成分量が1区あたりネマトリンエース粒剤区の約30%の105mgであったことが主原因であると推定される。無処理区については、臭化メチル剤区との間に有意差は認められなかったが、実数では土壌25gあたり50.0頭以上棲息しており、また、同区ではガーベラ根部の被害が他処理区に比べて早い時期から始まったので線虫寄生源が減少し、

2回目以降の調査において2期幼虫棲息数が増加しなかったものと考えられる。

各土壌消毒剤区のガーベラ根こぶの発生程度を図1

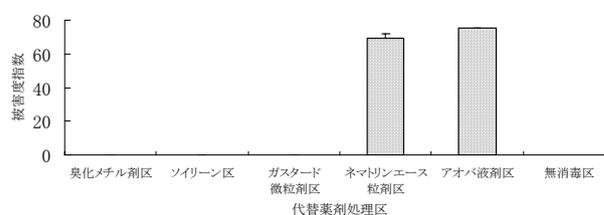


図1 代替薬剤処理区におけるガーベラの線虫被害度指数

無処理区：腐敗・脱落部が多く測定不可  
被害度指数 =  $100 \times (\sum \text{被害度} + \text{その被害度本数}) / \text{総調査本数}$

に示す。臭化メチル剤、ソイリンおよびガスタード微粒剤区において、すべて被害度指数は0であったが、ネマトリンエース粒剤およびアオバ液剤区では70前後を示し、ガーベラ根部の被害が甚大であることが明らかとなった。また、臭化メチル剤、ソイリンおよびガスタード微粒剤区においては地上部直下10~20

cmに細根が多く認められたが、ネマトリンエース粒剤区では細根が激減し、アオバ液剤区では細根が殆ど認められず無処理区については根部が黒化して腐敗の直前であった。

各土壌消毒剤の処理効果をガーベラの収量および品質について評価した結果を表4に示す。花本数は、各

表4 各土壌消毒剤のガーベラ栽培での線虫被害防除効果

処理区	形 質					
	花本数 <sup>a)</sup>	株重 <sup>a)</sup> (g)	生葉数 <sup>a)</sup> (枚)	花柄長 (cm)	花直径 (cm)	花・花柄重 (g)
臭化メチル剤	17.0±0.0	76.4±12.9	13.7±2.5	56.2±8.5	6.8±0.6	10.0±1.6
ソイリン	14.5±2.1	76.4± 7.7	15.1±2.4	56.9±6.6	7.0±0.3	11.4±1.5
ガスタード微粒剤	16.5±0.7	69.2±12.3	14.8±3.1	55.8±5.8	6.7±0.6	9.1±2.2
ネマトリンエース粒剤	21.0±1.4	73.2±12.2	19.4±4.3*	47.7±6.1	6.6±0.6	9.0±2.3
アオバ液剤	15.0±1.4	62.0±11.6*	16.1±3.3	46.7±4.9	6.6±0.4	8.4±1.6
無処理	7.5±0.7*	28.1± 6.1*	6.9±3.2*	38.4±3.7	6.1±0.5	6.0±1.1

注) 数値は各区7株の平均±S. D.

a) \*: 臭化メチル剤区との間に有意差が有ることを示す (最小有意差検定,  $p < 0.01$ )

代替薬剤区と臭化メチル剤区の間に有意差は認められなかった。株重についてはアオバ液剤区と他の処理区の間、また、生葉数についてはネマトリンエース粒剤区と他の処理区の間、有意差が認められた。花直径は代替薬剤区との間には大きな差異はなく、6~7cmの間であった。花柄長はソイリンおよびガスタード微粒剤区では臭化メチル剤区と同様に56cm前後であったが、ネマトリンエース粒剤およびアオバ液剤区では50cmを下回り短くなる傾向があった。また、花・花柄重についてアオバ液剤区ではネマトリンエース粒剤区に比べて数値が小さくなる傾向がみられた。

### 3. 論議

本報告に示した2つの実験では、ポット植えのガーベラでの生育阻害および隔離ベンチでの代替薬剤によるガーベラ被害防除効果を検討している。根域の制限などにより消毒土区においても圃場での土耕栽培と比較すると生育は劣っている。このため、以上の結果は、生産圃場での被害実態と必ずしも一致しないと推定されるが、モデル的な基礎データとしては活用できると判断する。従って、本実験において、土壌25gあたり3.0頭の線虫密度であっても、ガーベラの生育が

比較的早期に阻害されたことから、収穫期間が3年間の長期にわたるガーベラ生産圃場では、定植時に線虫防除対策を徹底するとともに、生育期間中においても適切な線虫密度低減策を講じる必要がある。

代替薬剤の線虫防除効果については、ソイリンおよびガスタード微粒剤処理土壌では定植約200日後まで線虫はまったく検出されず、ガーベラ根部への根こぶの着生および地上部の植物体の生育阻害も認められず、これら薬剤は臭化メチル代替薬剤として有効であることが実証された。また、ネマトリンエース粒剤は殺線虫効果が劣るが、密度を抑制する効果が認められ、切花品質を維持できる程度の有効性があると判断できる。しかしながら、線虫密度は最も多いときで土壌25gあたり24.0頭であったが被害度指数は70と高く、長期間のガーベラ栽培においてはネマトリンエース粒剤の定植前1回施用では線虫被害抑制は期待できない。アオバ液剤は、本実験ではネマトリンエース粒剤に比べ成分量が少なかったため、定植時処理では線虫被害を抑えることができなかった。栽培期間の長いガーベラの場合、キクの登録と同様にアオバ液剤の栽培期間中の登録適用拡大を図り同剤とソイリンなどと組み合わせた防除体系を組むことを検討する必要がある。

本実験の結果は、ポットおよび隔離ベンチの閉鎖環境であること、および短期間栽培の条件下であること、また、ガーベラ‘スマッシュ’1品種での結果であることから、本成果をもとにガーベラ生産圃場において実証実験が必要である。作物の線虫に対する抵抗性には品種間差があることが報告されている(荻谷・小川, 1990; 上田, 1995)。したがって、今後、ガーベラの線虫被害対策には、代替薬剤の選択および開発に加えて、抵抗性素材の選抜や抵抗性品種の開発を合わせて取り組むことも必要であろう。

ガーベラに寄生する線虫種について、日本植物病名目録(日本植物病理学会, 2000)にはガーベラの根こぶ線虫病の項に、アレナリアネコブセンチュウ(*Meloideogyne arenaria*; 一戸, 1965)およびサツマイモネコブセンチュウ(*M. incognita*; Saigusa and Matsumoto, 1961)の2種が記載されている。しかし、これらの文献は解説あるいはリストであり、その中では、両種がガーベラに寄生することが記録されているものの、ガーベラでの具体的な被害実態には触れられていない。したがって、本報告は実験的に、線虫汚染土を用いて線虫によるガーベラの生育阻害を確認した初めての知見と考えられる。なお、大島町においてガーベラに被害を与えているネコブセンチュウの種の同定およびガーベラへのネコブセンチュウ被害域の拡散抑制については、今後、検討を加えたい。

## 摘 要

ネコブセンチュウ密度の違いによるガーベラの被害程度および臭化メチル代替薬剤によるガーベラ栽培における線虫防除効果を、それぞれポットおよび隔離ベンチによる実験において検討した。線虫を混和した区

では消毒土区に比べて、花本数、花柄長、花直径、株重などに低下が認められた。特に定植161日後の株重は定植時線虫密度389.0頭/土壌25gの区では消毒土区の24%であり、また、同3.0頭の区でも66%と生育が著しく阻害された。臭化メチル剤の代替薬剤としてのソイリンおよびガスタード微粒剤を施用した区では200日間の栽培期間において線虫はまったく検出されず、両剤が被害防除に卓効を示すことを明らかにした。一方、ネマトリンエース粒剤は2剤に比べて線虫密度を下げる効果は劣り、定植200日後の被害度指数も70と高かったが、花本数、株重、生葉数などの形質は臭化メチル剤処理の場合と同等であり、定植期間内において実用的な防除効果が認められた。

## 引用文献

- 荻谷俊一・小川 勝(1990)ネコブセンチュウの生息密度とゴボウ被害の品種間差異. 関東東山病虫研報37: 243-244.
- 堀江博道・竹内浩二・南 晴文(2004)ネコブセンチュウの密度とガーベラ生育阻害の関係. 関東東山病虫研報51: 137-140.
- 一戸 稔(1965)ネコブセンチュウの生態と防除. 農及園40: 973-976.
- 日本植物病理学会(編)(2000)日本植物病名目録. 日本植物防疫協会, 東京. p. 308.
- Saigusa, T. and Y. Matsumoto(1961) A list of the host plants of the root-knot nematodes, *Meloideogyne incognita* var. *acrita* and *M. hapla*. Res. Bull. Pl. Prot. Japan 1: 84-88.
- 上田康郎(1995)サツマイモネコブセンチュウ防除の現状と展望. 日本線虫学会誌25: 106-112.

### Summary

Harufumi Minami, Koji Takeuchi, Ken-ichi Numazawa and Hiromichi Horie (2006) : Controlling Effects of Methyl Bromide Alternatives on Damages by Root-knot Nematoda in Gerbera under Soil Pot and Soil Bench Conditions

**Key words** : root-knot nematoda, methyl bromide, methyl bromide alternatives, gerbera

We tested the influence of larval density of root-knot nematoda on damages on Gerbera cultivated in soil pots and controlling effects of methyl bromide alternatives on damages of gerbera cultivated in soil benches. The growth was restricted 161 days after cultivating under both of the high and low densities. We confirmed both of 1,3-dichloropropene+chloropicrin and dazomet to be effective as alternatives to methyl bromide. Fosthiazate was less effective in nematicidal action than the two alternatives.



図版 I



1 ネコブセンチュウによるガーベラ被害圃場（葉枯れがおこり、花柄も伸びない）



2 ネコブセンチュウによるガーベラ根部の被害



3 隔離ベンチで栽培されている無処理区のガーベラ



4 ネコブセンチュウ密度別のガーベラ被害 左から、汚染土100%、汚染土10%、汚染土1%、消毒土で栽培（各区2株撮影）