

特集：青枯病

アメリカフウロを利用した青枯病の防除

沖縄県農業研究センター 大城 あつし 篤

はじめに

研究を進めた。

I スクリーニング

沖縄県のジャガイモの主要産地である宜野座村は2000年に沖縄県が認定する拠点産地の指定を受けたが、その翌年の01年には青枯病の被害によりその販売量は激減した。その対策として、サトウキビとの輪作により本病の発生を抑えてきた。しかし、近年青枯病の発生拡大とともに代替耕作地が減少し、輪作が十分に行われず、被害が再燃する傾向にある。

また、沖縄県においてはジャガイモ以外に、トマトやニガウリ、キク等の生産地においても青枯病の発生が顕著になっている。

青枯病対策として、クロルピクリン剤などの土壤消毒剤による土壤消毒が一般的に行われる。しかし、沖縄県においては、耕作地と住居地とが隣接しており、土壤消毒剤による土壤消毒を行えない状況にあり、安全で環境に優しい代替防除技術の開発が強く求められている。

植物の中には、抗菌活性を有する特殊な化学物質を含有するものがある。例えば、藤井ら(1991)はいくつかの薬用植物の水抽出液とメタノール抽出液にダイコン萎黄病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*)に対する抗菌物質が存在することを報告している。実際に抗菌成分を含有する植物を使った土壤病害防除に関しては、これまでに*Geranium pratense*を利用したジャガイモそうか病(*Streptomyces* spp.)の防除(Ushiki et al., 1996; 1998), ニンニクを利用したパパイヤ苗立枯病(*Phytophthora palmivora*)の防除(Powell and Ko, 1986), フシネハナカタバミを利用したトマト萎凋病(*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)の防除(Shiraishi et al., 2003), シナニッケイやトウガラシ(Chili pepper)の抽出液やそのオイルを利用した*Phytophthora nicotianae*の防除(Bowwrs and Locke, 2004)等が報告されている。

これらは天然物由来で、環境に対する負荷は極めて少ないと考えられるため、持続的病害防除技術のメニューとして利用できる可能性を有している。そこで、植物を利用した青枯病の防除技術を開発することを目的として

沖縄県内に自生し、群落を形成する植物14種類の地上部と地下部の70%エタノール抽出物から、青枯病菌に対して抗菌活性を有する植物をスクリーニングした。その結果、北米原産の帰化雑草であるアメリカフウロ(*Geranium carolinianum* L.) (口絵①) の地上部の抽出液に強い抗菌活性を有することを見出した(OOSHIRO et al., 2004 a)。

II アメリカフウロに含有される抗菌成分の諸性質

アメリカフウロ生草の抗菌活性は地上部にのみで認められ、葉で最も活性が強かった。根には抗菌活性は認められなかった(OOSHIRO et al., 2004)。アメリカフウロ生草の葉に含まれる抗菌成分が他の植物病原菌に対して与える影響を調べた結果、ジャガイモ黒あざ病菌およびジャガイモ菌核病菌などの糸状菌に対する抗菌活性は認められなかった。また、細菌であるジャガイモ軟腐病菌に対しては、抗菌活性は認められなかつたが、植物病原放線菌であるジャガイモそうか病菌各菌株およびサツマイモ立枯病菌に対しては抗菌活性が認められた(表-1)。抗菌活性を示す成分は、熱に対する安定性に優れ、広い温度域(28~95°C)の水での抽出が可能であった(OOSHIRO et al., 2004)。

III 青枯病の防除

1 ポット試験

トマトを用いたポット試験で、アメリカフウロ地上部乾燥物の利用方法について検討した結果、乾燥物混和処理と乾燥物熱水抽出液灌注処理を行った後に散水することによって、青枯病に対する発病遅延効果があることが明らかとなった(図-1)。

2 ジャガイモ青枯病防除試験(圃場試験)

アメリカフウロの圃場における利用方法を、ジャガイモで2002年度から03年度にかけて検討した(OOSHIRO et al., 2004; 大城ら, 2006)。

Control of Bacterial Wilt by *Geranium carolinianum* L. By Atsushi OOSHIRO

(キーワード: 青枯病, アメリカフウロ, 防除)

2002年度は多発条件下での試験となったが、アメリカフウロ乾燥物の土壤混和（1.5 t/10 a）と太陽熱土壤消毒を組み合わせることにより、高い防除効果が得られた。しかし、実際の利用場面では、広大なジャガイモ圃場にポリエチレンフィルムを被覆処理することは多くの労力と経済的負担を要するので、必ずしも実用的とは考えられなかつた。そこで、乾燥物混和処理と热水抽出液灌注処理の効果（それぞれ1.5 t/10 a相当量）を検証したが、両処理とも無処理区と比較して、青枯病の被害率を低下させる傾向は見られたものの、その効果は低かつた。そのため、さらなる処理方法の改良を行う必要性があつた（図-2）。

2003年度はポリエチレンフィルムの代用として敷きわらを被覆することにより、土壤水分の蒸発を防止し、混和処理したアメリカフウロの抗菌成分を土壤中に溶出させることができないかと考え、その効果とさらに

乾燥物の施用量を検討した。また、ジャガイモ青枯病の防除に卓越した効果を示すクロルピクリン剤による土壤消毒は土壤中深くに潜伏（McCARTER et al., 1969）した本病の病原細菌を完全に死滅させるのは困難であることが過去の試験事例から指摘されていることから（片山・木村, 1987），土壤深層に存在する病原細菌に対して、アメリカフウロ乾燥物の各処理が有効であるか否かについても検討した。

その結果、2003年度は、青枯病の発生が少ない条件下での試験となった。本試験では、植付け後30日間の平均気温が低かったことが原因で青枯病の発生が少なかったことが推察された（大城ら, 2001）。各処理による青枯病罹病率は、アメリカフウロ乾燥物混和+太陽熱土壤消毒区とアメリカフウロ乾燥物混和+敷きわら被覆処理区で、無処理区と比較して有意に低かつた（図-3）。敷きわら区の罹病率の低下は、被覆により土壤水分が維持され、アメリカフウロ乾燥物に含有される水溶性の抗菌成分が溶出できたことで、青枯病の防除を可能にしたことが推察された。太陽熱土壤消毒区の効果が劣った要因として、深さ30 cmに青枯病菌を接種したこと、並びに今回の太陽熱土壤消毒処理期間中の平均地温が深さ15, 30 cmで約32°Cと低かったことが考えられた。また、クロルピクリン剤処理区では、罹病率はアメリカフウロ各処理区と比較して有意な差が認められなかつたが、その防除効果が劣った要因として、深さ30 cmに青枯病菌を接種したことが原因でクロルピクリンガスが病原菌の接種地点の深さまで行き渡らなかつたことが考えられた。

以上の結果から、病原細菌が深層土壤に存在し、太陽熱土壤消毒やクロルピクリン剤の効果が劣る条件下においても、アメリカフウロ乾燥物混和処理（1.0 t/10 a）を太陽熱土壤消毒および敷きわら被覆処理と併用することによって、青枯病による被害を軽減できることが明らかとなつた。特に、青枯病の発生が少ない圃場において

表-1 アメリカフウロ生葉に含有される抗菌成分の抗菌スペクトル

病原菌	生草葉換算重 (g) ml ⁻¹	活性 ^{a)}
<i>Erwinia carotovora</i>	0.01	—
（ジャガイモ軟腐病）	0.1	—
<i>Streptomyces</i> spp. JCM 7914	0.01	—
（ジャガイモそうか病）	0.1	+
<i>Streptomyces acidiscabies</i> JCM 7913	0.01	—
（ジャガイモそうか病）	0.1	+
<i>Streptomyces turgidiscabies</i> IFO 16080	0.01	—
（ジャガイモそうか病）	0.1	+
<i>S. ipomoea</i> IFO 14508	0.01	—
（サツマイモ立枯病）	0.1	+
<i>Rhizoctonia solani</i>	0.01	—
（ジャガイモ黒あざ病）	0.1	—
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	0.01	—
（ジャガイモ菌核病）	0.1	—

^{a)} + : 抗菌活性あり, - : 抗菌活性なし.



図-1 アメリカフウロ乾燥物（1.5 t/10 a換算量）の各種処理によるトマト青枯病の発病遅延効果（ポット試験）．処理区 発病率.

は、アメリカフウロ乾燥物混和後の敷きわら被覆と散水処理との併用で十分な防除効果が得られると期待される。

なお、2002年および03年のいずれの年度においても、全塊茎の個数・収量などについて各試験区間に有意な差は認められなかった。

3 トマト青枯病防除現地試験

上記のように、比較的栽培期間の短いジャガイモでア

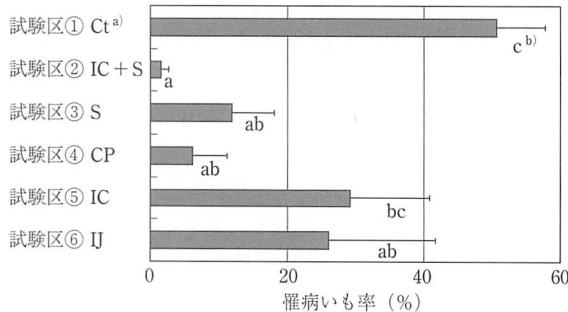


図-2 各種処理による罹病いも率 (2002年度)

^{a)} Ct : 無処理, S : 太陽熱土壤消毒, IC : アメリカフウロ乾燥物混和処理 (1.5 t/10 a), IJ : 热水抽出液灌注処理 (アメリカフウロ乾燥物 1.5 t/10 a相当量), CP : クロルビクリン, ^{b)} アルファベットの同一文字間では 5% 水準で有意でないことを示す (Tukey-HSD Test). アメリカフウロ処理日 : 2002 年 8 月 5 日. 太陽熱土壤消毒期間 : 8 月 5 日 ~ 9 月 20 日. 試験区 : 1 区 6 m² の 3 反復. 耕種概要 : 10 月 5 日に種いも (品種: デジマ) を 1 区当たり 30 株植付け, 収穫は 2003 年 2 月 20 日に行った.

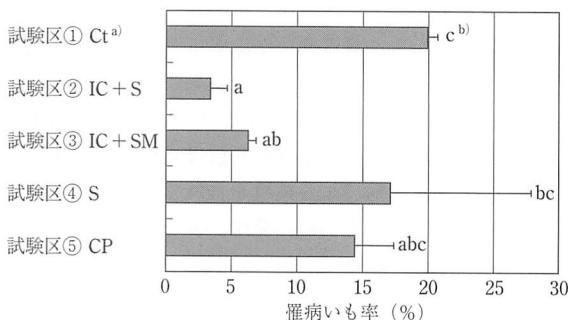


図-3 各種処理によるジャガイモ青枯病防除効果 (2003 年度)

^{a)} Ct : 無処理, IC : アメリカフウロ乾燥物混和処理 (1.0 t/10 a), S : 太陽熱土壤消毒, SM : 敷きわら被覆処理, CP : クロルビクリン剤処理, ^{b)} アルファベットの同一文字間では 5% 水準で有意でないことを示す (Tukey-HSD Test). アメリカフウロ処理日 : 2003 年 7 月 14 日. 太陽熱土壤消毒期間 : 7 月 14 日 ~ 9 月 15 日. 試験区 : 1 区 6 m² の 3 反復. 耕種概要 : 12 月 2 日に種いも (品種: デジマ) を 1 区当たり 30 株植付け, 収穫は 2004 年 3 月 8 日に行った.

メリカフウロ乾燥物の土壤混和処理が青枯病の防除に有効であったことから, 栽培期間が長期にわたる施設トマトでアメリカフウロ乾燥物の土壤混和処理がジャガイモ青枯病と同様に防除効果が得られるか否かを現地圃場で検討した (大城ら, 2007)。

試験圃場は農家圃場であるため, 無処理区は設置できなかった。また, アメリカフウロ乾燥物の施用量を削減するため畠内混和処理とした。比較対照として設置した米ぬかの畠内混和処理と太陽熱土壤消毒を併用した区においては植付け 8 か月後に 1.2% の青枯病の発病が確認された。アメリカフウロ乾燥物の畠内混和処理と太陽熱土壤消毒を併用した区においては, 植付け 8 か月後においても青枯病の発生は確認されなかったことから, トマトにおいてもアメリカフウロ乾燥物利用による青枯病防除の有効性が示唆された (表-2)。

本試験において, アメリカフウロ乾燥物の畠内混和処理を行うことにより, 圃場全面混和処理と比較して, アメリカフウロ乾燥物の施用量は約 40% 程度削減することが可能であった。

4 アメリカフウロ乾燥物の施用量の検討

アメリカフウロ乾燥物施用量のさらなる削減を目指し, その最少施用量を検討した結果, ジャガイモ青枯病が多発する条件下においても, 青枯病に中程度の抵抗性を有する ‘ニシユタカ’ を用いて, アメリカフウロ乾燥物を 500 kg/10 a で混和処理することで, 1.0 t/10 a の施用量と同程度の安定した青枯病防除効果が得られることが

表-2 トマト青枯病防除試験の結果

試験区	反復	調査株数	発病株数 (発病率)	
			4/21	5/22
① Gc + S	I	115	0 (0%)	0 (0%)
	II	114	0 (0%)	0 (0%)
	平均	114.5	0 (0%)	0 (0%)
② RB + S	I	113	0 (0%)	2 (1.8%)
	II	114	0 (0%)	1 (0.9%)
	III	113	0 (0%)	1 (0.9%)
	平均	113.3	0 (0%)	1.3 (1.2%)

試験場所 : 沖縄県宜野湾市赤道の農家圃場 (施設). 本圃場は, 前作においてトマト青枯病が 19.6% で発生した経緯がある. 試験区および面積 : ① アメリカフウロ乾燥物畠内混和処理 (1.0 t/10 a) + 太陽熱土壤消毒 (Gc + S); 1.4 m × 33 m の 2 反復, ② 米ぬか畠内混和処理 (1.0 t/10 a) + 太陽熱土壤消毒 (RB + S); 1.4 m × 33 m の 3 反復. アメリカフウロ処理日 : 2005 年 8 月 10 日. 太陽熱土壤消毒期間 : 8 月 10 日 ~ 9 月 28 日. 耕種概要 : 2005 年 10 月 3 日にトマト苗 (品種: 桃太郎エイト) を 1 区当たり 113 ~ 115 株植え付けた (畦幅: 140 cm, 株間: 50 cm, 条間 50 cm の 2 条植).

明らかとなった(図-4, 5)。

トマトなどの施設園芸作物でアメリカフウロ乾燥物を利用する場合、アメリカフウロ乾燥物を畝内に処理することによって、全面処理と比較して約40%程度の乾燥物量を削減することが可能となる。よって、アメリカフウロ乾燥物を500 kg/10 a量で畝内に処理すると、施設10 a当たり300 kgの量で青枯病を防除することが可能となる。沖縄県の施設栽培品目においては、夏場の太陽熱土壤消毒はバジル立枯病での現場実証試験を経て(田場ら, 2000), 現在では各種作目で普及している。露地型太陽熱土壤消毒処理と比べ、施設においては施設面積が限定されるため、施設利用型太陽熱土壤消毒は現場農家に受け入れられやすい技術であると考えられる。

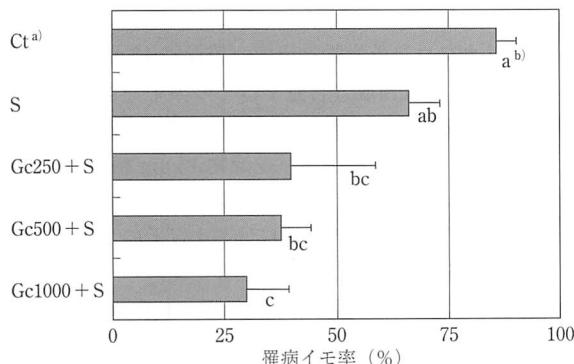


図-4 各種処理によるジャガイモ青枯病防除効果

^{a)} Ct: 無処理, S: 太陽熱土壤消毒, Gc: アメリカフウロ乾燥物混和処理 [付随する数値は10 a当たりに処理したアメリカフウロ乾燥物の処理量(kg)を示す], ^{b)} アルファベットの同一文字間では5%水準で有意でないことを示す(Tukey-HSD Test). アメリカフウロ処理日: 2006年10月31日. 太陽熱土壤消毒期間: 11月1日～12月4日. 試験区: 1区2 m²の3反復(硬質フィルムハウス内枠土壤). 耕種概要: 12月6日に種いも(品種:ニシユタカ)を1区当たり15株植付け, 収穫は2007年3月7日に行つた.

以上のことから、施設園芸作物においてアメリカフウロを利用する場合、乾燥物の畝内処理(300 kg/10 a)と太陽熱土壤消毒処理と併用することで、青枯病防除の有効な手段になるものと考えられ、現在その効果を現地圃場で検証している。

また、露地(ジャガイモ)においては、今後、青枯病が多発する条件下でのアメリカフウロ乾燥物500 kg/10 a量でのすきこみ処理と敷きわら被覆処理の併用による防除効果の確認とさらなる被覆処理法の改良(サトウキビ枯葉による被覆処理など)や、抵抗性品種との組み合わせなどについて検討する予定である。

IV 活性物質の同定とその作用

アメリカフウロに含有される抗菌成分の一つはポリフェノールの一種である没食子酸エチル(Ethyl gallate; 以後EG, 図-6)である(大城ら, 2004)。

*In vitro*では、EGを1 mg/ml量で培地に添加した場合に抗菌活性が得られたため、EGを0.5～5.0 mg/g乾土(国頭マージ)で混和処理して青枯病菌に対する効果を検討したが、いずれの量でも抗菌活性は認められなかった。

そこで、HIRADATE et al. (2005)の手法を一部改変して、没食子酸エチルの土壤中における青枯病菌の殺菌効果について検討した(大城ら, 2007)。上記手法と本手法との違いは、土壤に0.75%寒天溶液(40°C)を添加するという点のみが異なっている。その結果、乾土1 gに没食子酸エチル5 mgで添加した土壤からは青枯病菌は検出されなかった。また、アメリカフウロ乾燥物(10, 15 mg/乾土1 g)およびアメリカフウロ乾燥物抽出液(乾燥物15 mg相当量/乾土1 g)で処理された土壤からは青枯病菌は検出されなかつたが、抽出残さとアメリカフウロ乾燥物抽出液(乾燥物10 mg相当量/乾土1 g)で処理した土壤からは青枯病菌が検出された(表-3)。アメリカフウロに含まれるポリフェノール含量をFolin-

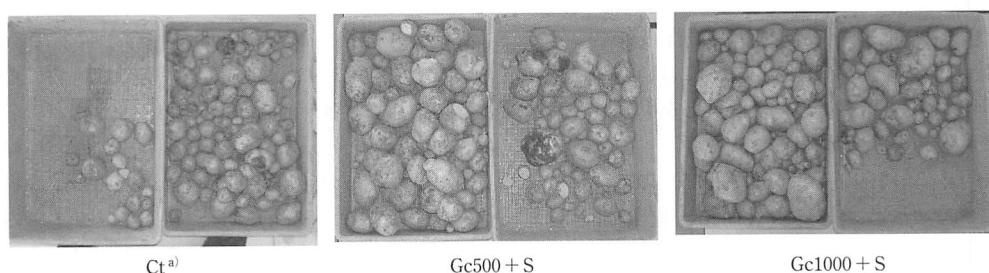


図-5 アメリカフウロ乾燥物処理によるジャガイモ青枯病の防除効果

左: 健全イモ, 右: 罷病イモ. ^{a)} 略号は図-4に準じる.

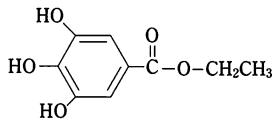


図-6 没食子酸エチルの化学構造

Denis法(篠原ら, 2000)により定量した結果、没食子酸換算でアメリカフウロ乾燥物100g当たり2.4g含まれていた。この結果と乾土1g当たりアメリカフウロ乾燥物抽出液(乾燥物15mg相当量)を処理することで青枯病菌に対する殺菌効果が得られたことを考えあわせると、0.36mgのポリフェノールで殺菌効果が得られることになるが、実際には5.0mgの没食子酸エチルが必要であった。

以上の結果から、アメリカフウロ乾燥物の土壤処理による青枯病の防除効果は、EG単独によるものではなく、複数のポリフェノール系抗菌成分の相互作用によって得られるものと推察された。今後、他の抗菌成分を同定・定量し、さらに、アメリカフウロに含有される抗菌成分の定量結果に基づき、HIRADATE et al. (2005)の改変手法による青枯病菌殺菌効果を検討することによって、アメリカフウロの病害防除作用メカニズムの詳細が解明されるものと考えられた。また、BLUM et al. (1985)は、個々のフェノール性酸は単独では植物生育阻害活性は低いが、混合物となることで相乗効果を現すという仮説を提唱していることから、上記件が解明されることによってフェノール性化合物の他感作用物質としての意義が証明されるものと考えられた。

FURUBAYASHI et al. (2007)は、マメ科植物のムクナ(*Mucuna pruriens*)に含有され、植物に対して強い生育阻害活性を示すL-DOPAは、土壤中では吸着反応や変換反応などによってその生理活性を失うことを明らかにした。EGはL-DOPAと同様なカテコール構造を有していることから、上記作用により土壤に直接混和処理した場合、不活化されるものと推察された。さらに、HIRADATE et al. (2005)の改変手法によりEGを処理することによって青枯病菌への殺菌効果が得られたことから、アメリカフウロに含有される成分には、寒天と同様にEGの土壤中での吸着反応や変換反応を抑制させるような成分が存在することが示唆された。

上記の知見から、HIRADATE et al. (2005)の改変手法によって、アメリカフウロ乾燥物(10mg/乾土1g)処理区で殺菌効果が得られ、アメリカフウロ乾燥物抽出液(乾燥物10mg相当量/乾土1g)処理区で殺菌効果が得られなかつた要因として、下記のことが考えられた。

表-3 HIRADATE et al. (2005)の改変手法による没食子酸エチルの土壤中における青枯病菌に対する効果

処理	量	cfu/1g 乾土
乾燥物	10 mg/1 g 乾土	0
	15 mg/1 g 乾土	0
抽出液	乾燥物 10 mg 換算量/1 g 乾土	2.0 × 10 ⁴
	乾燥物 15 mg 換算量/1 g 乾土	0
抽出残さ	乾燥物 10 mg 換算量/1 g 乾土	1.5 × 10 ⁴
	乾燥物 15 mg 換算量/1 g 乾土	3.9 × 10 ³
没食子酸エチル	1.0 mg/1 g 乾土	1.1 × 10 ³
	2.5 mg/1 g 乾土	1.7 × 10 ³
	5.0 mg/1 g 乾土	0
対照		5.7 × 10 ³

①アメリカフウロ乾燥物抽出液(乾燥物10mg相当量/乾土1g)の抗菌成分含量ではその大半が土壤中で吸着反応や変換反応によりその活性が減少するが、アメリカフウロ乾燥物抽出液(乾燥物15mg相当量/乾土1g)の抗菌成分含量においては、土壤中の殺菌効果を得るのに十分量の抗菌成分およびその土壤中の各種反応を抑制させる成分が残存した。

②アメリカフウロ乾燥物(10mg/乾土1g)処理区においては、乾燥物付近で増殖を開始した青枯病菌が乾燥物から時間差で溶出される抗菌成分によって、ピンポイントで殺菌された。

現在、上記内容を解明している段階である。

おわりに

これまで述べたように、アメリカフウロは青枯病防除へ利用できる可能性があり、今後、現場実証試験を重ね、その効果が確実となれば、化学土壤消毒剤の利用が制限される圃場立地条件にある地域において利用できるかもしれない。また、アメリカフウロは植物放線菌病防除への利用についても期待される(OOSHIRO et al., 2006; OOSHIRO and NATSUME, 2007)。さらに、アメリカフウロは収穫・乾燥後室温で1年間の保存が可能であることから、その利用において本性質は有効な性質になるものと考えられる(OOSHIRO and NATSUME, 2007)。

沖縄県におけるアメリカフウロの生育時期は、トマトやジャガイモの栽培時期と重なるため、乾燥物を利用することになる(表-4)。しかし、ジャガイモのような土地利用型作物については、緑肥的利用による病害防除への期待が現場農家からは大きいことから、現在、アメリカフウロの緑肥的利用によるジャガイモ青枯病防除につ

表-4 沖縄県におけるアメリカフウロのライフサイクルと各種作物の栽培時期の比較

		月											
アメリカフウロ	ライフサイクル	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	発芽期								↔				
	生育期								↔				
	開花期										↔		
	結実期	↔											
	休眠期		↔										
ジャガイモ	栽培適期						↔						
	種いも植付け						↔						
	収穫								↔				
トマト	栽培適期	↔					↔						
	播種						↔						
	定植						↔						
	収穫	↔						↔					

いて検討している。

アメリカフウロは、沖縄県においては、薬草として古くから利用されており、乾燥物を煎じて飲むことにより、かぜ、リウマチ、慢性腸炎、下痢、月経不順、経行発熱、腹脹腰痛、不妊症に効果があるとされている（多和田、1981）。よって、今後アメリカフウロが病害防除へ利用された場合、人間や環境への影響は少ないものと考えられる。

アメリカフウロは、雑草であり、その繁殖力は旺盛であるが、その栽培に関しては未知である。現在、沖縄県では、アメリカフウロの栽培技術と採種技術の確立、さらにはその商品化に向けて取り組んでいる段階である。また、アメリカフウロが圃場外への拡散を防止する対策も重要となると考えられることから、その拡散防止対策についても検討している。

謝辞 本研究の実施に当たり、アメリカフウロに含有される抗菌物質の単離・同定に関し、懇切なる御指導を賜った農業環境技術研究所藤井義晴博士、同平館俊太郎博士に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) BLUM, U. et al. (1985) : *J. Chem. Ecol.* 11 : 619 ~ 641.
- 2) BOWERS, J. H. and J. C. LOCKE (2004) : *Plant. Dis.* 88 : 11 ~ 16.
- 3) 藤井義晴ら (1991) : 雑草研究 36 : 36 ~ 42.
- 4) FURUBAYASHI, A. et al. (2007) : *J. Chem. Ecol.* 33 : 239 ~ 250.
- 5) HIRADATE, S. et al. (2005) : *J. Chem. Ecol.* 31 : 591 ~ 601.
- 6) 片山克己・木村貢夫 (1987) : 長崎県農林試研報 (農業部門) 15 : 29 ~ 57.
- 7) McCARTER, S. M. et al. (1969) : *Phytopathology* 59 : 1675 ~ 1677.
- 8) 大城 篤ら (2001) : 九州病害虫研報 47 : 153.
- 9) OOSHIRO, A. et al. (2004) : *Weed Biol. Manage.* 4 : 187 ~ 194.
- 10) 大城 篤ら (2004) : 馬鈴しょそうか病に関する国際シンポジウム (IPSS 2004) 講演・ポスターセッション要旨集 : 349 ~ 352.
- 11) _____ら (2006) : 雑草研究 51 : 28 ~ 30.
- 12) OOSHIRO, A. et al. (2006) : *Weed Biol. Manage.* 6 : 241 ~ 244.
- 13) 大城 篤ら (2007) : 雑草研究 52(別) : 166 ~ 167.
- 14) OOSHIRO, A. and M. NATSUME (2007) : *Weed Biol. Manage.* 7 : 124 ~ 127.
- 15) 篠原和毅ら (2000) : 食品機能研究法, 光琳, 東京, 348 pp.
- 16) SHIRAIKI, S. et al. (2003) : *Weed. Biol. Manage.* 3 : 184 ~ 188.
- 17) 田場 聰ら (2000) : 日植病報 66 : 255 ~ 256.
- 18) 多和田真淳 (1981) : 沖縄薬草 家庭栽培と薬効, 新星図書出版, 沖縄, 447 pp.
- 19) USHIKI, J. et al. (1996) : *Soil Sci. plant Nutr.* 42 : 423 ~ 426.
- 20) _____ (1998) : *ibid.* 44 : 157 ~ 165.
- 21) POWELL, C. R. and W. H. KO (1986) : 日植病報 52 : 817 ~ 824.