

アセロラ栽培における高電圧パルスによるネコブセンチュウ防除の可能性

山本雅史^{1*}・勘米良祥多²・西澤 優³・上野海晴¹・青木仁史⁴・谷野孝徳⁵・香西直子¹

¹鹿児島大学農学部果樹園芸学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

²鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場 〒891-0402 鹿児島県指宿市十町

³鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園 〒890-0081 鹿児島市唐湊

⁴株式会社ニチレイフーズ 〒261-0002 千葉市美浜区新港

⁵群馬大学大学院理工学府 〒376-8515 群馬県桐生市天神町

A Possibility of High-Voltage Pulse Treatment for Prevention of Root-knot Nematode in Acerola Cultivation

YAMAMOTO Masashi^{1*}, KANMERA Shota², NISHIZAWA Yu³, UENO Kaisei¹, AOKI Hitoshi⁴, TANINO Takanori⁵ and KOZAI Naoko¹

¹Laboratory of Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

²Ibusuki Botanical Experiment Station, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Ibusuki, Kagoshima 891-0402

³Toso Orchard, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Toso, Kagoshima 890-0081

⁴Nichirei Foods Inc., Shinminato, Mihama, Chiba, 261-0002

⁵Division of Environment Engineering Science, Gumma University, Tenjin-cho, Kiryu, Gumma, 376-8515

Summary

In order to develop a technique for reducing the damage caused by root-knot nematodes, high-voltage pulses treatment was applied to the soil in acerola cultivation. In the present study, young potted trees were inoculated with root-knot nematode twice and conducted ten high-voltage pulse treatments (80V, 60Hz (applied voltage 10kV)) over a two-year period. There was no difference in tree growth and root-knot index between the root-knot nematode inoculated plot and the non-inoculated plot. On the other hand, the number of root egg masses and the number of root-knot nematodes in soil were high in the inoculated plot. As the number of treatments of high-voltage pulse increased, the number of egg masses and root-knot nematodes decreased, and in particular, the number of egg masses in 10 seconds and 4 sections of the high-voltage pulse plot was significantly lower than that in without high-voltage pulse plot. Thus, it was clarified that high-voltage pulse treatment in acerola cultivation may be effective in suppressing the increase of root-knot nematodes in soil.

Key words: fruit tree, nematode, pest, reducing damage

キーワード：害虫，被害軽減，果樹，センチュウ

緒言

アセロラ (*Malpighia glabra* L.) は熱帯アメリカを原産とする果樹である。低温に弱いため主に熱帯および亜熱帯で栽培されており、世界的にはブラジルで、わが国では沖縄での栽培が多い (石畑, 2001a)。果実にアスコルビン酸やポリフェノール等が高含有されており (Asenjo・Guzman, 1946; Hanamura ら, 2005; 2008; Moscoco, 1956)、機能性成分の供給源としての価値も高い。

アセロラ果実の安定生産を図るうえで病害虫の制御は極めて重要である。土壌伝染性のネコブセンチュウは、被害樹の樹勢が衰えて果実取量も低下する重要な害虫であり (石畑, 2001b)、ブラジルでは本害虫が拡大して深刻な問題となっている (da Costa ら, 1999; Holanda ら, 1997)。ネコブセンチュウを含むセンチュウは多数の植物に被害を及ぼすため、化学的防除、耕種防除、物理的防除および生物的防除等の種々の防除法が開発されている (水久保, 2015)。アセロラでは台木によるネコブセンチュウ被害の軽減についての研究が進められている (勘米良ら, 2016)。

近年、新たなセンチュウ防除技術が提案されている。これは土壌への高電圧パルス処理によってセンチュウ防除を図るものである (大嶋・谷野, 2017)。この方法は

2021年10月1日 受付日

2021年11月13日 受理日

*Corresponding author. E-mail: yamasa@agri.kagoshima-u.ac.jp

化学農薬と異なり土壌汚染の可能性も無く、植物栽培中には処理のできない熱水・土壌消毒のような欠点も無い。実際にエダマメおよびトマトでは本法によるセンチュウ防除の可能性が示された(大嶋・谷野, 2017)。

本研究においては上述の報告(大嶋・谷野, 2017)を参考にして、アセロラ栽培における高電圧パルスによるネコブセンチュウ防除の可能性について検討した。鉢栽培の結果ではあるが、今後のアセロラ栽培におけるネコブセンチュウ防除における若干の知見が得られたので報告する。

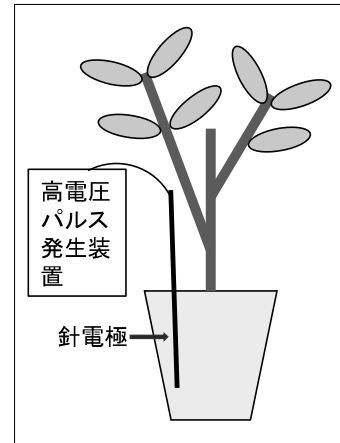
材料および方法

試験は鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園の加温硬質プラスチックハウスで実施した。冬季は最低気温10℃で管理した。2017年6月に挿し木で増殖した‘細葉酸味系’を2019年5月29日に5号鉢に移植した。用土は焼成黒玉土とした。植え付け時にセンチュウに対する農薬であるホスチアゼート液剤(ガードホープ、石原バイオサイエンス株式会社)2000倍希釈を鉢当たり100 mL 散布した。なお、本農薬はアセロラでは登録されていないが、試験開始時のセンチュウ数をできるだけ少なくするため使用した。試験区は以下の通りとした。①ネコブセンチュウ接種・高電圧パルス無し、②ネコブセンチュウ接種・高電圧パルス10秒1か所、③ネコブセンチュウ接種・高電圧パルス10秒2か所、④ネコブセンチュウ接種・高電圧パルス10秒4か所、⑤ネコブセンチュウ無接種・高電圧パルス無しであった。各処理区につき8樹用いたが、①試験区は事故により6樹となった。

1回目の土壌へのネコブセンチュウ処理は2019年8月5日に行い、415頭/mL濃度を3 mL/鉢接種した。2回目は2020年4月1日に行い、1038頭/mL濃度を3 mL/鉢接種した。1回目のネコブセンチュウ接種の直前に供試植物体の樹高および主幹径を測定した。樹高は地際から最長枝の先端まで、主幹径は地際から2 cm 上部の対角線上の2か所の径の平均とした。高電圧パルス処理は2019年9月13日、9月30日、10月16日、11月7日、2020年5月14日、6月10日、7月13日、8月17日、9月17日および10月22日の計10回行った。緩効性肥料であるパーデューラーJ(NPK 10:10:10)(ジェイカムアグリ株式会社)は両年とも鉢当たり5粒を5~10月にかけて2か月毎に施用した。

大嶋・谷野(2017)らの方法によって高電圧パルス処理を行った。針電極を主幹から5 cm 離れた場所に刺し、ポットの底から2~3 cm 浮かして印加電圧10 kV、周波数60 Hzで処理した(第1図)。2か所の場合は最初の場所と対極に刺し、4か所の場合は初めの場所を起点に正方形の頂点を描くように刺した。

2020年11月26日に樹高および主幹径を測定した後、植物体を解体した。植物体は地上部と地下部に切り分け、さらに地上部は葉と茎に分けて80℃で1~2日乾燥させ、乾物重を測定した。地下部は後述の卵のう数計数後、



第1図 高電圧パルス処理の概略

3日間80℃で乾燥して乾物重を測定した。

各処理区から4樹のサンプルを用いてネコブ程度の判定、卵のう数の調査を行った。ネコブ程度は上田(2014)の被害査定法をもとに決定した。被害の判定基準は、0:ネコブ無し、1:ネコブがわずかに認められるが被害は目立たない、2:一見してネコブが認められるが、大きなネコブやつながったネコブは少ない、3:大小のネコブが認められ、ネコブに覆われて太くなった根も見られるが、根系全体の50%以下、4:多くの根がネコブだらけで太くなっている、である。この点数を基にネコブ指数を出した。ネコブ指数=(処理区のネコブ程度の平均値/4)×100。卵のうはフロキシニンB(富士フィルム和光純薬、大阪)0.1%溶液で10秒間浸漬して染色し、すべての根を観察して計数した。

土壌からのセンチュウの分離はベールマン法(土壌20 g, 25℃, 3日間静置)で行った(佐野, 2014)。分離したセンチュウの中からネコブセンチュウ2令幼虫を顕微鏡下で識別・計数して密度を求めた。ネコブセンチュウの土壌中密度は土壌20 gあたりの頭数として示した。

得られたデータはTukeyの多重検定によって処理区間における有意な差の有無について検討した。

結果および考察

処理前の各処理区の植物体の樹高および主幹径には有意差は無かった(第1表)。その後、2回のネコブセンチュウ接種および10回の高電圧パルス処理を実施した14か月後の樹体成長の結果を第2表に示した。樹高および主幹径にネコブセンチュウ接種の有無、高電圧パルス処理の有無および頻度が及ぼす有意な影響は認められなかった。ただし、有意差は無いもののネコブセンチュウ無接種の樹高が最も高かった。枝と根の乾物重にも処理区間で有意差は認められなかった。一方、葉の乾物重はネコブセンチュウ接種・高電圧パルス10秒1か所区で軽かった。原因は不明であるが、この処理区の一部個体では2020年11月に落葉が発生した。これがこの結果に影響

第1表 処理前の樹高および主幹径 (2019年8月5日調査)

処理区	個体数	樹高 (cm)	主幹径 (mm)
センチュウ接種・パルス処理			
接種・パルス無し	6	55.0±5.2	6.1±0.3
接種・10秒1か所	8	56.3±2.7	6.5±0.6
接種・10秒2か所	8	54.7±3.1	5.9±0.1
接種・10秒4か所	8	55.8±2.3	6.1±0.3
無接種・パルス無し	8	55.7±2.1	5.8±0.2
有意性 ^z		ns	ns

^zTukeyの多重検定により nsは有意差無し

第2表 高電圧パルス処理がアセロラの樹体成長に及ぼす影響 (2020年11月26日調査)

処理区	個体数	樹高 (cm)	主幹径 (mm)	乾物重 (g)		
				葉	枝	根
センチュウ接種・パルス処理						
接種・パルス無し	6	120.5±9.8	12.2±0.3	8.2±0.6ab ^y	28.6±4.2	26.9±2.2
接種・10秒1か所	8	123.1±6.4	12.3±0.5	6.4±1.4b	32.3±2.0	30.6±3.3
接種・10秒2か所	8	121.9±7.6	12.5±0.3	9.9±0.6a	33.3±2.3	30.5±2.2
接種・10秒4か所	8	120.1±9.4	12.0±0.6	10.5±0.5a	32.0±3.5	24.8±3.4
無接種・パルス無し	8	130.1±7.2	12.2±0.2	11.3±0.5a	33.6±2.8	31.0±3.5
有意性 ^z		ns	ns	*	ns	ns

^zTukeyの多重検定により *は5%水準で有意差あり

^y表中の異なるアルファベット間では有意差あり

第3表 高電圧パルス処理がアセロラ根におけるネコブ指数および卵のう数ならびに土壤中ネコブセンチュウ数に及ぼす影響 (2020年11月26日調査)

処理区	個体数	ネコブ指数	卵のう数	センチュウ数 ^z
センチュウ接種・パルス処理				
接種・パルス無し	4	81.3±3.6a ^x	804.0±1443.2a	38.0±8.7
接種・10秒1か所	4	81.3±3.6a	463.3±114.9ab	44.0±7.1
接種・10秒2か所	4	75.0±5.1a	415.8±98.8abc	11.5±2.7
接種・10秒4か所	4	75.0±5.1a	242.5±48.8bc	3.5±1.8
無接種・パルス無し	4	0.0±0.0b	0.0±0.0c	5.5±2.8
有意性 ^y		*	*	ns

^z土壌20g当たりの頭数

^yTukeyの多重検定により *は5%水準で有意差あり

^x表中の異なるアルファベット間では有意差あり

したものと考えられる。

ネコブ指数にはネコブセンチュウ接種の有無が大きく影響し、高電圧パルス処理の有無および頻度の影響は認められなかった。一方、卵のう数には高電圧パルス処理の効果が確認できた。高電圧パルス処理の頻度が高いほど卵のう数は減少し、ネコブセンチュウ接種・高電圧パルス10秒4か所区の卵のう数は、ネコブセンチュウ接種・高電圧パルス無しよりも有意に少なかった。有意差は認められなかったものの、土壤中のネコブセンチュウは高電圧パルス処理の頻度が高いほど少なかった (第3表)。

本試験において高電圧パルス処理を行っていないネコブセンチュウ接種区と無接種区との間で樹高および主幹径に顕著な差異はなかった。しかし、両者のネコブ指数には明確な差異が確認できた。一般に、ネコブセンチュウに感染するとネコブが発生し、植物体の生育が抑制される (赤木ら, 2021)。現実にはブラジルのアセロラ園ではネコブセンチュウによる樹勢や収量の低下が認められている (da Costa ら, 1999; Holanda ら, 1997)。しかし、

本試験ではネコブ指数と樹高および主幹径との間の関係は確認できなかった。本試験は1回目のネコブセンチュウ接種から約14か月で終了した。果樹であるアセロラにおいてネコブセンチュウが樹体に及ぼす影響を確認する期間としては短かったのかもしれない。また、根の卵のう数および土壤中ネコブセンチュウ数は、ネコブセンチュウ接種区で多く、卵のう数では有意な差があった。ただし、無接種区の卵のう数は0個であったが、ネコブセンチュウ数は0頭では無かった。本試験は鉢栽培で用土も焼成黒玉土を用いて外部からのネコブセンチュウを極力防止したが、栽培の途中でネコブセンチュウが侵入したものと考えられる。

一方、ネコブセンチュウ接種区におけるパルス処理の頻度は、樹体成長およびネコブ指数には影響しなかったが、卵のう数およびネコブセンチュウ数は、パルス処理の頻度が高い区ほど減少し、特に卵のう数では有意差が認められた。このことから、高電圧パルス処理法によっては、土壤中のネコブセンチュウの増殖を抑制する効果があるものと考えられた。高電圧パルスがセンチュウを

不活化することは谷野ら (2014) によって報告されており, エダマメおよびトマト栽培においてセンチウ被害の軽減効果がある (大嶋・谷野, 2017)。ただし, エダマメおよびトマトでは高電圧パルス処理によって植物体の成長も促進されたが, アセロラではそうでなかった。これは前述同様, アセロラにおいてネコブセンチウが樹体に及ぼす影響を確認するためには試験期間が短かったのかもしれない。

高電圧パルスは土壤中のネコブセンチウ増殖抑制に効果があったが, 同様に樹体成長にも悪影響を及ぼす可能性がある。実際に高電圧パルスによりトマトでは根が枯死することがある (大嶋・谷野, 2017)。本試験でも解体調査時に根の一部に焦げ跡が確認できた個体があった。しかし, それを除くと植物体に対して高電圧パルスによる直接的な影響は確認できなかった。

以上, アセロラ栽培において高電圧パルス処理は, 土壤中ネコブセンチウの増殖抑制に効果がある可能性が明らかとなった。しかし, この技術を実用化するためには検討すべき点が多い。本研究では, 印加電圧および処理時間を一定として高電圧パルスを処理したが, これらの適切な条件について解明する必要がある。また, 我が国では一部で鉢栽培が行われているが, ほとんどが露地栽培であり, 実際のアセロラ栽培に適用できる装置や技術の開発が必須である。さらに本試験では, 開花・結実前の幼木を供試したが, 長期間にわたり樹体成長や果実生産にネコブセンチウが及ぼす影響およびそれに対する高電圧パルスの効果を調査していかななくてはならない。

要 約

アセロラ栽培におけるネコブセンチウ被害の防除技術を開発するため, 土壤に高電圧パルスを処理した。試験は鉢栽培の幼木を用い, 2か年にわたり2回のネコブセンチウ接種および10回の高電圧パルス処理 (80 V, 60 Hz (印加電圧10 kV)) を実施した。ネコブセンチウ接種区と無接種区との間で, 樹体成長およびネコブ指数には差が認められなかった。一方, 根の卵のう数および土壤中ネコブセンチウ数は接種区で多かった。高電圧パルス処理の頻度が高くなるほど, 卵のう数およびネコブセンチウ数は減少し, 特に高電圧パルス10秒4か所区の卵のう数は, ネコブセンチウ接種・高電圧パルス無しよりも有意に少なかった。以上から, アセロラ栽培において高電圧パルス処理は, 土壤中ネコブセンチウの増殖抑制に効果がある可能性が明らかとなった。

謝 辞

本研究の実施において鹿児島大学農学部食料生命科学科の赤木 功博士の協力を得た。ここ深謝の意を表す。

引用文献

- 赤木 功・福丸瑛里紗・樗木直也. 2021. ネコブセンチウの初期密度がオクラの生育および収量に及ぼす影響. 鹿児島大学農場研報. 42: 1-6.
- Asenjo, C. F. and A. R. F. Guzman. 1946. The ascorbic acid content of the West Indian cherry. *Science* 103: 219.
- da Costa, D. C., R. M. G. Carneiro, J. R. P. Oliveira, W. S. Filho dos Soares and F. P. de Almeida. 1999. Identification of populations of *Meloidogyne* spp. in roots of Barbados cherry (*Malpighia puniceifolia*). *Nematologia Brasileira* 23: 77-80.
- Hanamura, T., T. Hagiwara and H. Kawagishi. 2005. Structural and functional characterization of polyphenol isolated from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. *Biosci. Biotech. Biochem.* 69: 280-286.
- Hanamura, T., E. Uchida and H. Aoki. 2008. Skin-lightening effect of a polyphenol extract from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit on UV-induced pigmentation. *Biosci. Biotech. Biochem.* 72: 3211-3218.
- Holanda, Y. C. A., J. J. da Ponte and F. J. Silveira. 1997. Disease of the Barbados cherry plant (*Malpighia glabra*) in the State of Ceara, Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 22: 453.
- 石畑清武. 2001a. 熱帯・亜熱帯果樹生産の新技術 [18] —アセロラ—. 農および園. 76: 715-721.
- 石畑清武. 2001b. 熱帯・亜熱帯果樹生産の新技術 [19] —アセロラ—. 農および園. 76: 829-831.
- 勘米良祥多・赤木 功・山本雅史. 2016. アセロラおよび *Malpighia* 植物におけるネコブセンチウ抵抗性および台木特性について. 熱帯農業研究. 9 (別2): 123-124.
- 水久保隆之. 2015. 日本の線虫防除研究と防除技術の動向—日本線虫学会20周年記念事業: 線虫防除に関するアンケート (1999~2011年度) の集計—. 日本線虫学会誌. 45: 63-76.
- Moscoco, C. G. 1956. West Indian cherry - richest known source of natural vitamin C. *Econo. Bot.* 10: 280-294.
- 大嶋孝之・谷野孝徳. 2017. 高電界パルスによる土壤線虫の防除の可能性. 静電気学会誌. 41: 254-258.
- 佐野善一. 2014. ベールマン法. p. 192-193. 水久保隆之・二井一禎編. 線虫学実験. 京都大学学術出版会. 京都.
- 谷野孝徳・岡田拓也・大嶋孝之. 2014. 高電圧パルス電界処理による線虫 *Caenorhabditis elegans* の不活性化. 静電気学会誌. 38: 46-51.
- 上田康郎. 2014. ネコブセンチウ被害評価法. p. 227-232. 水久保隆之・二井一禎編. 線虫学実験. 京都大学学術出版会. 京都.