ミナミネグサレセンチュウのサツマイモ品種における増殖性

上杉謙太¹・岩堀英晶¹・立石 靖¹

Reproduction of *Pratylenchus coffeae* on sweet potato cultivars. Kenta Uesugi¹, Hideaki Iwahori¹, and Yasushi Tateishi¹

Reproduction of *Pratylenchus coffeae* on 25 sweet potato cultivars was examined in greenhouse and field plot tests. In the greenhouse test *P. coffeae* reproduced on 21 cultivars with P/Pi values of 1.2-26.9. In the field plot test all cultivars had final population densities higher than the initial densities. The *P. coffeae* reproduction rate on each cultivar had little correspondence with the level of resistance determined in a breeding procedure based on storage root damage. Of all cultivars tested, Elegant Summer showed the lowest reproduction rate in both tests. Jpn. J. Nematol. 38 (1), 35-40 (2008).

Key words: Elegant Summer, reproduction rate, resistance, root-lesion nematode.

緒 言

ミナミネグサレセンチュウ (*Pratylenchus coffeae*) は本州以南に広く分布する広食性の線虫であり、rDNA ITS領域のPCR-RFLPパターンにより識別される3型のうち、A型がサツマイモに寄生性を持つ (Mizukubo et al., 2003)。ミナミネグサレセンチュウが寄生したサツマイモでは病斑形成により塊根の品質が低下し、被害が甚だしい場合は減収を引き起こすことから、本種は主に南九州においてサツマイモの重要な生産阻害要因の一つとなっている (後藤, 1992)。ミナミネグサレセンチュウによる被害程度 (塊根上に形成された病斑の多少) はサツマイモ品種間で異なる事が知られており (高坂, 1950; 後藤, 1964)。本種に対して抵抗性を有する品種の育成が進められてきた (菊川・坂井1969; 丸峯・坂本, 1979)。抵抗性品種では線虫害が回避されるだけでなく、線虫密度抑制効果も期待されるため、線虫感受性作物との輪作が試みられ、一定の効果が認められている (八尋ら, 1983; 鳥越,

1994)。このような抵抗性品種を利用した線虫防除を検討する上では、品種の線虫増殖性に関する情報が不可欠となるが、多くのサツマイモ品種では塊根の被害程度に基づいて評価された抵抗性程度が公表されているものの、増殖性についてはほとんど調査されていない。また、八尋ら (1983)、佐野 (1998) が指摘しているように、抵抗性程度の強い品種でもミナミネグサレセンチュウが増殖する場合があるため、品種の線虫増殖性を明らかにすることは重要である。そこで、本研究ではサツマイモ25品種について、ポット条件下および圃場条件下で試験を行い、ミナミネグサレセンチュウの増殖性を調査した。

材料および方法

1. ポット試験

1) 供試サツマイモ品種

近年育成された農林登録品種、および、サツマイモネコブセンチュウでの研究例が多い主要サツマイモ品種から25品種を選定した (表1)。試験は数品種ごとに、試験1 (2006年5月開始)、試験2 (同9月開始)、試験3 (同11月開始) の3回に分けて実施し、いずれの試験にも対照品種として農林2号を供試した。

¹九州沖縄農業研究センター 熊本県合志市須屋2421

¹National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, 2421, Suya, Koshi, Kumamoto 861-1192, Japan.

2) 供試線虫

熊本県合志市産の1雌に由来し、アルファルファカルスで継代、増殖させたミナミネグサレセンチュウのRFLPタイプAを用いた。

3) サツマイモの栽培

サツマイモの1節苗を、滅菌黒ボク土壌と育苗土（健苗：八江農芸（株））の等容積混合土壌約200 gを充填した口径9 cmの透明ポリエチレンポットに定植し、温室内（平均25.7℃）で栽培した。

4) 線虫の接種

定植4日後（試験3では11日後）に、カルスより分離後36時間以内のミナミネグサレセンチュウ500頭を含む線虫懸濁液を接種し、直ちに適量灌水した。反復数は6以上としたが、シロユタカとハマコマチでは枯死株が発生したため、4反復調査とした。

5) 線虫密度調査

有効積算温度1,300日度（発育零点12.2℃（水久保, 1997））が経過した、線虫接種90～110日後にビニル袋中でサツマイモの根系と土壌をほぐして分離し、根重および土壌重を測定した。土

表1. ミナミネグサレセンチュウのサツマイモ品種における増殖性（ポット試験）¹⁾

品種	ネグサレセンチュウ抵抗性 ³⁾	試験番号	分離線虫数/			補正後PF/Pi ²⁾
			1 g根	20 g土壌	ポット	
農林2号	弱	1	625.8	448.0	6987.8	26.9 ^{a4}
備瀬	-	1	160.0	230.5	3204.2	13.1 ^{ab}
宮農36号	-	1	679.0	187.6	2891.2	11.2 ^{abc}
農林1号	強	2	295.1	115.8	2262.2	7.7 ^{bcd}
ジェイレッド	やや強	1	65.3	139.0	1909.4	7.9 ^{b-e}
べにまさり	中	2	1170.5	73.9	1684.7	5.2 ^{b-f}
高系14号	やや強～中	1	167.4	104.4	1528.2	5.9 ^{c-g}
コガネセンガン	やや弱	1	258.2	65.4	1443.9	4.7 ^{c-g}
種子島紫7	-	1	139.0	52.0	1437.8	4.3 ^{c-g}
アケムラサキ	強	3	275.3	53.9	1297.9	3.8 ^{d-i}
タマオトメ	中	1	90.3	55.0	1155.7	3.9 ^{c-h}
アヤコマチ	やや強	3	207.2	65.5	1112.5	3.6 ^{e-i}
ベニオトメ	中	1	109.2	33.2	988.0	3.0 ^{d-j}
クイックスweet	-	3	280.4	38.2	959.9	2.8 ^{f-k}
ムラサキマサリ	強	1	97.3	34.4	950.5	3.0 ^{d-j}
タマユタカ	強	1	94.4	45.3	827.1	2.9 ^{d-j}
オキコガネ	やや強	3	440.9	30.1	754.8	2.1 ^{g-l}
シロユタカ	やや強	1	52.0	9.4	464.5	1.2 ^{g-l}
ハマコマチ	中	3	124.9	22.8	404.5	1.3 ^{g-l}
パープルスweetロード	-	2	35.3	8.3	385.9	1.0 ^{i-l}
ミナミユタカ	強	1	50.3	15.1	361.6	1.2 ^{h-l}
サニーレッド	中	1	38.1	16.3	344.4	1.2 ^{h-l}
ダイチノユメ	やや強	3	85.0	11.7	285.8	0.8 ^{kl}
ベニアズマ	やや弱	1	22.9	12.3	241.0	0.9 ^{jk-l}
エレガントサマー	-	1	14.2	7.4	129.7	0.5 ^l

¹⁾ データは反復（n = 6、ただしシロユタカ、ハマコマチはn = 4）の平均値を示す。

²⁾ 土壌からの分離効率を44%とした場合のPF/Pi。

³⁾ 育成地の研究報告に掲載された各品種の育成・特性評価に関する論文・成果情報による（高系14号は対照品種として示されたデータ）。- はネグサレセンチュウ抵抗性が公表されていないことを示す。

⁴⁾ 同一文字間にはTukey-Kramer検定の有意水準5%で差が無い事を示す。4文字以上はabcdeをa-eのように省略した。

壤の篩わけによる混入根片の除去、および根の水洗は行わなかった。線虫の分離にはベルマン法（72時間）を用い、土壌20 gおよび、約5 mmに細断した根2 gを各2反復供試した。根は塊根も含めて供試し、4 gに満たない場合は、1反復2 gを上限として1ないし2反復で全根を供試した。分離された線虫数の平均値を根重および土壌重から換算して、ポットあたりの総線虫数を算出した。予備試験の結果から、ベルマン法の土壌からの線虫分離効率は44%と仮定した。根からの分離効率は考慮しなかった。分離効率で補正した増殖率は $\log(x+1)$ 変換後、統計解析ソフトJMP5.0.1Jを用いてANOVAおよびTukey-

Kramer法で品種の平均値を比較した。

2. 圃場試験

1) 供試サツマイモ品種

ポット試験と同じ25品種（表2）を用いた。

2) 試験区と栽培概要

陸稲の均一栽培によりミナミネグサレセンチュウおよびモロコシネグサレセンチュウ（*Pratylenchus zeae*）が増殖した九州沖縄農業研究センター内圃場（熊本県合志市）を用いた。1畝8株（畝幅65 cm株間30 cm）を1試験区として2反復を設けた。土壌は黒ボク土で、基肥として10 a当たり窒素2.4 kg、リン酸10.2 kg、カリウム14.4 kgを施用し、畝は黒色ポリマルチで被

表2. サツマイモ品種の栽培によるミナミネグサレセンチュウ密度の推移（圃場試験）¹

品種	分離線虫数/20 g土壌			P/P ²
	挿苗前 (5/12)	60日後 (7/14)	終了時 (9/19)	
農林2号	5.4	67.9	168.2	25.6
備瀬	7.3	63.3	169.1	24.1
宮農36号	7.3	64.1	96.4	13.3
農林1号	7.1	15.3	41.8	6.9
ジェイレッド	3.0	9.8	81.4	27.1
べにまさり	4.9	6.5	44.4	9.3
高系14号	1.8	4.6	27.6	16.8
コガネセンガン	5.2	18.7	154.8	28.7
種子島紫7	7.3	18.2	66.1	10.5
アケムラサキ	5.5	36.0	362.2	54.8
タマオトメ	3.2	19.1	75.9	26.2
アヤコマチ	4.8	29.2	77.4	16.4
ベニオトメ	8.6	31.3	51.8	6.4
クイックスweet	6.8	55.5	110.1	14.7
ムラサキマサリ	5.0	7.4	50.1	10.0
タマユタカ	2.8	12.3	65.1	22.3
オキコガネ	4.2	6.4	107.6	23.6
シロユタカ	7.4	21.5	60.5	6.6
ハマコマチ	5.0	17.1	46.9	9.1
パープルsweetロード	3.2	13.8	11.3	3.3
ミナミユタカ	3.3	5.2	23.6	9.7
サニーレッド	9.5	17.1	40.0	3.5
ダイチノユメ	4.4	9.0	54.4	10.9
ベニアズマ	8.9	10.9	52.5	7.1
エレガントサマー	3.9	7.8	6.9	1.7

¹ データは2反復の平均値を示す。

² P/Pi = 終了時分離線虫数/挿苗前分離線虫数

覆した。2006年5月15日の挿苗から9月19日まで127日間栽培した。地温データより算出した栽培期間中の有効積算温度は1,735日度であった。

3) 線虫密度調査

挿苗前(5月12日)、挿苗60日後(7月14日)、栽培終了時(9月19日)の3回、各区畝内の株間から等間隔に3点土壌を採取した。土壌はよく混和した後に20 gよりベルマン法(72時間)3反復で線虫を分離し、得られた平均値をデータとして用いた。試験圃場に発生するミナミネグサレセンチュウとモロコシネグサレセンチュウを識別して計数することはできなかったため、両種をまとめて幼虫、雌成虫、雄成虫別に計数した。計数後、両種の混在比を下記の方法で推定し、ミナミネグサレセンチュウ数を算出した。

4) 線虫混在比の推定

試験圃場は前作までの数年間陸稲の均一栽培を行っていたことから、挿苗前の調査では各試験区の混在比を同率と仮定した。各区より雌成虫あるいは幼虫を1頭ずつ(計50頭)ランダムに取り出し、岩堀ら(2000)の方法に準じてPCR-RFLP法により種同定を行い、ミナミネグサレセンチュウの割合を求めた。なお、モロコシネグサレセンチュウには雄成虫が出現しないため、雄成虫はすべてミナミネグサレセンチュウとみなした。得られた割合から、ミナミネグサレセンチュウ数(PC)を $PC = M + a(F + L)$ として算出した(M:総雄成虫数、F:総雌成虫数、L:総幼虫数、a:ミナミネグサレセンチュウの割合)。60日後と栽培終了時の調査では、品種間で混在比が異なると考えられるため、区ごとに混在比を推定した。1区につき雌成虫20頭のV値を測定し、 V_{76} :ミナミネグサレセンチュウ、 V_{75} :モロコシネグサレセンチュウ(水久保, 1992)と同定して各区のミナミネグサレセンチュウの割合を求めた。 $75 < V < 76$ の場合には同定不能とし、他個体を再計測した。得られた割合より、 $PC = M + aF + L(M + aF) / (M + F)$ として算出した。

結果および考察

ポット試験1-3における農林2号の補正後

Pf/Pi (土壌からの分離効率を44%とした場合の増殖率)は、それぞれ26.9、16.9、13.5となり、試験1の増殖率がやや高かったが試験間に有意な差は認められなかった。試験1では1反復において著しい増殖が認められた影響が大きかったと考えられる(この1反復を除いた場合の補正後 Pf/Pi は16.0)。以下の品種間の比較では、3試験の結果を統合し、農林2号は最も増殖率の高かった試験1のデータを用いた。

表1に25品種のポット試験終了時における分離線虫数および補正後 Pf/Pi を示した。調査した25品種中、17品種ではポットあたりの分離線虫数が接種頭数(500頭)以上となり、明らかな線虫の増殖が認められた。増殖率は補正後 Pf/Pi で2-8の品種が多く、これらの品種間では統計的に有意な差はほとんど認められなかった。エレガントサマー、ベニアズマ、ダイチノユメ、サニーレッド、ミナミユタカ、パープルスイートロード、ハマコマチ、シロユタカではポットあたりの分離線虫数が接種線虫数を下回り、見かけ上の増殖率が1以下となった。しかし、サニーレッド、ミナミユタカ、ハマコマチ、シロユタカでは補正後 Pf/Pi が1より大きくなることから、わずかながらミナミネグサレセンチュウが増殖していたと考えられる。また、本試験では根からの分離効率を100%としているため、補正後 Pf/Pi が1に近かったベニアズマ、ダイチノユメ、パープルスイートロードでも、実際はミナミネグサレセンチュウが増殖していた可能性が高い。表2に圃場試験におけるミナミネグサレセンチュウの密度推移を示した。試験圃場におけるミナミネグサレセンチュウの混在比は挿苗前の調査では10%と低かったが、60日後には品種平均で2.5%-42.5%、調査終了時には75%~97.5%となった(データ省略)。混在比から推定した挿苗前のミナミネグサレセンチュウ密度はいずれの品種も10頭以下(以下圃場試験に関して示した線虫密度は20 g土あたりの分離線虫数)であったが、60日後、栽培終了時の線虫密度はすべての品種で挿苗前より増加した。圃場試験の Pf/Pi とポット試験の補正後 Pf/Pi の間には、正の相関が認められた(Spearmanの順位相関、 $r = 0.59$ 、

$P<0.01$)。なお、混在比から推定したモロコシネグサレセンチュウ密度は挿苗前の10.5頭~42.9頭から、調査終了時には0.1頭~15.8頭となり、いずれの品種でも密度が低下した(データ省略)。

ポット試験で補正後 P/P_i が0.5~1.3と増殖性の低かった8品種のうち、ベニアズマ、ダイチノユメ、ミナミユタカ、ハマコマチ、シロユタカでは、栽培期間後半の密度上昇が大きく、 P/P_i は6以上と高かった。圃場試験ではポット試験と比べて栽培期間が長く(有効積算温度から予測される最大経過世代数はポットで4世代、圃場で5世代)、根系が制限されず塊根も形成されることなどから、これら低増殖性の品種においても栽培後期に線虫密度が上昇し、増殖率が高まったものと考えられる。ポット試験での補正後 P/P_i が2以上となった17品種では、14品種においてミナミネグサレセンチュウが挿苗前の10倍以上に増殖し、挿苗前10頭以下だった線虫密度が終了時に50頭以上まで上昇するが多かった。

以上のように、本試験ではミナミネグサレセンチュウ抵抗性程度の異なる25品種を供試したが、ポット試験では21品種でミナミネグサレセンチュウの増殖が認められ、圃場試験では挿苗前の6倍以上に線虫密度を上昇させる品種が多かった。抵抗性程度が弱~強のいずれの品種でも増殖性が高い場合があり、抵抗性程度と増殖性の間には明瞭な関係は認められなかった。田淵ら(1985)は、ミナミネグサレセンチュウ抵抗性程度と品種栽培後の土壌線虫密度に相関関係を認めているが、本試験の結果はミナミネグサレセンチュウ抵抗性程度を増殖性の指標として用いるべきでないことを示している。例えば、ネグサレセンチュウ抵抗性が強、やや強とされているアケムラサキとジェイレッドは、増殖率が低いことはなく(表1)、表2が示すように、被害は回避できたとしても圃場のミナミネグサレセンチュウ密度は大きく上昇すると考えられる。逆に、サニーレッドおよびベニアズマは、それぞれ抵抗性が中、および、やや弱とされるが、増殖性は比較的lowだった。このような抵抗性と増殖性の不一致はサツマイモネコブセンチュウ

抵抗性品種の一部でも知られており(佐野・岩堀、2002)、サツマイモの線虫抵抗性検定が塊根の被害度(ミナミネグサレセンチュウの場合は塊根上に形成された病斑の多少)を指標とした耐性(tolerance)で評価されてきたためと考えられる。今回の調査では線虫増殖率を指標として抵抗性(resistance)を評価しており、塊根だけでなく根系全体での線虫増殖性を反映していることや、線虫の侵入・増殖が病斑として顕在化する程度が品種により異なることなどの要因から、一部の品種で抵抗性と耐性の評価が一致しなかったものと思われる。また、サツマイモネコブセンチュウで報告されているような品種に対して寄生性の異なるレースの存在(佐野・岩堀、2002, Sano and Iwahori, 2005)が検定結果に影響している可能性もある。ミナミネグサレセンチュウでは地域個体群によりサツマイモにおける増殖性に差があることが知られており(Mizukubo et al., 2003)、今後、品種に対する反応についても検討する必要がある。

ミナミネグサレセンチュウの防除を目的としてサツマイモ品種を輪作に組み込む際には、高度な線虫密度抑制効果が求められる。調査した25品種では、いずれの品種においても圃場条件下での線虫密度低下は認められなかった(表2)。既往の研究では、ミナミネグサレセンチュウ要防除密度の低いサトイモと組み合わせる場合、代表的抵抗性品種として試験例の多いミナミユタカでも、2年輪作では効果が不十分とされている(八尋ら、1983)。ネグサレセンチュウの増殖率は同一に制御された条件下での試験間でも振れが大きいとされるが(De Waele and Elsen, 2002)、本試験ではエレガントサマーの増殖性がポット、圃場ともにミナミユタカより低く(表1, 2)、最も有望な品種と考えられる。

引用文献

- 後藤 昭 (1992) ミナミネグサレセンチュウ・線虫研究の歩み - 日本線虫研究会創立20周年記念誌(中園和年編) 日本線虫研究会, つくば, 152-154.
- 後藤重喜 (1964) 甘藷根ぐされ線虫病の防除に

- 関する調査研究．宮崎県農業試験場研究報告 5, 1-121.
- 岩堀英晶・佐野善一・小川哲治 (2000) 九州・沖縄地域のサツマイモおよびサトイモ圃場における主要有害線虫 1. 中南部九州 (熊本県・宮崎県・鹿児島県) における調査とDNA解析による効率的な線虫種判別法の開発．九州病害虫研究会報 46, 112-117.
- 菊川誠士・坂井健吉 (1969) 甘しょにおける線虫抵抗性品種の育成方法に関する研究．九州農業試験場彙報 14, 365-397.
- 高坂_爾 (1950) 甘藷ねぐされ線虫病．防疫時報 17, 43-56.
- 丸峯正吉・坂本 敏 (1979) かんしょのネグサレセンチュウ抵抗性品種の選抜について．九州農業研究 41, 48.
- 水久保隆之 (1992) ネグサレセンチュウの分類・形態および分布．線虫研究の歩み-日本線虫研究会創立20周年記念誌 (中園和年編) 日本線虫研究会, つくば, 40-47.
- 水久保隆之 (1997) ミナミネグサレセンチュウの温度依存発育．九州病害虫研究会報 43, 139. (講演要旨)
- Mizukubo, T., Orui, Y., Hanada, K. and Sano, Z. (2003) Microevolutionary trend in *Pratylenchus coffeae* sensu stricto (Nematoda: Pratylenchidae): the diversity in PCR-RFLP phenotype, compatibility on host plants and reproductive segregation. Japanese Journal of Nematology 33, 57-76.
- 佐野善一 (1998) ネコブセンチュウとネグサレセンチュウの寄主植物を巡る種間競争．植物防疫 52, 302-305.
- 佐野善一・岩堀英晶 (2002) サツマイモ品種・系統のサツマイモネコブセンチュウ個体群に対する抵抗性の違い．日本線虫学会誌 32, 77-86.
- Sano, Z. and Iwahori, H. (2005) Regional variation in pathogenicity of *Meloidogyne incognita* populations on sweetpotato in Kyushu Okinawa, Japan. Japanese Journal of Nematology 35, 1-12.
- 田淵尚一・久木村久・吉田智彦・小巻克巳 (1985) カンショのミナミネグサレセンチュウ抵抗性程度と線虫密度および収量の関係．九州病害虫研究会報 31, 233. (講演要旨)
- 鳥越博明 (1994) ラッカセイ等を組み合わせた輪作体系によるサトイモのネグサレセンチュウの防除．九州病害虫研究会報 40, 113-118.
- De Waele, D. and Elsen, A. (2002) Migratory endoparasites: *Pratylenchus* and *Radopholus* species. In: Plant resistance to parasitic nematodes (Starr, J.L., Cook, R. and Bridge, J. ed.), CABI Publishing, New York, 175-206.
- 八尋 健・大島康臣・中園和年・岩田岩保 (1983) 畑作物の連・輪作特性 1. サトイモの連作障害と薬剤および輪作作物の効果．日本作物学会紀事 別2, 50-51. (講演要旨)

受領：2007年11月12日

登載決定：2008年3月8日

摘 要

ミナミネグサレセンチュウの サツマイモ品種における増殖性

上杉謙太・岩堀英晶・立石 靖

サツマイモ25品種におけるミナミネグサレセンチュウの増殖性をポットおよび圃場を用いた

試験で調査した。ポット試験では、21品種においてミナミネグサレセンチュウの増殖が認められ、その P/P_0 は1.2-26.9となった。圃場試験では、すべての品種において栽培終了時のミナミネグサレセンチュウ密度が挿苗前より高くなった。品種のネグサレセンチュウ抵抗性程度と増殖性の間には明瞭な関係は認められなかった。調査した25品種の中では、エレガントサマーで増殖性が最も低かった。