

作型, マルチの種類および前作ダイコンがサツマイモのネコブセンチュウ害に及ぼす影響

鈴木崇之^{1,3)}・岩堀英晶^{2,3)}・安達克樹^{1,3)}・小林透¹⁾

¹⁾九州沖縄農業研究センター畑作研究領域, ²⁾九州沖縄農業研究センター生産環境研究領域, ³⁾九州大学大学院生物資源環境科学府)

要旨: サツマイモ栽培において, 4月挿苗の透明ポリマルチ栽培, 5月挿苗の黒ポリマルチ栽培および6月挿苗の無マルチ栽培の三つの作型がネコブセンチュウ害に及ぼす影響を比較したところ, 遅い時期の作型では挿苗時の線虫密度および線虫害が減少した. 次に線虫密度条件が同一である同一作期でマルチの種類が線虫害に及ぼす影響を検討したところ, 透明ポリマルチ栽培および黒ポリマルチ栽培に比べ, 地温が低い白黒ダブルポリマルチ栽培や無マルチ栽培で線虫害が軽減され, 線虫害の発生に地温が影響していることが示唆された. またダイコンの作期はダイコンの線虫害に影響を及ぼすが, ダイコン-サツマイモ体系におけるダイコン栽培の有無・作期は, 後作サツマイモ栽培前の線虫密度およびサツマイモの線虫害にはほとんど影響しないことが示された.

キーワード: 作型, 作期, サツマイモ, ダイコン, ネコブセンチュウ, マルチ.

サツマイモ (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) は日本の暖地における夏季の基幹畑作物の一つであり, 代表的な暖地畑作地帯である南九州 (宮崎県および鹿児島県) においても, 2007年産の作付面積は17000 haに達する (農林水産省生産局生産流通振興課 2010b). 久保田ら (2009) が述べている通り, この地域においてサツマイモは澱粉用, 青果用, 菓子原料用および焼酎原料用等の仕向けがあり, 災害に強く少肥・少労で収量・価格が概して安定していることに加え, 定植期・収穫期に幅があり比較的大面積に作付可能なため, 一定面積が作付けされている. 特に近年南九州ではサツマイモ生産量に占める焼酎原料用の割合が増加しており, 資料 (農林水産省生産局生産流通振興課 2010a) から計算すると, 2008年産においては宮崎県で66%, 鹿児島県で46%を占めている.

南九州における焼酎原料用サツマイモの作型は, 3月下旬から4月に植え付けて8月中旬から10月にかけて収穫する透明マルチ栽培, 4月下旬から5月に植え付けて10月から12月に収穫する黒マルチ栽培, 5月から6月に植え付けて10月から12月に収穫する無マルチ栽培に分けられ (西原 2010), 作期の違いに対応したマルチ資材が用いられている. また焼酎原料用サツマイモ栽培では在圃期間が澱粉用と比較すると短いことから, 高収益を目指す生産者は露地野菜と結合したサツマイモ-露地野菜体系を採用することが可能であり, 実際にダイコン (*Raphanus sativus* L.) 等と組み合わせた1年2作体系がみられる.

焼酎原料用サツマイモの品種としては主に「コガネセンガン」が用いられている. しかしコガネセンガンは, 有害線虫であるネコブセンチュウ (*Meloidogyne* spp., 以下線虫) に対して感受性であり, 線虫の加害による塊根の外観の悪化や減収が問題となっている. 作期や地温は線虫の密度動態や作物への寄生に影響するので, 作型の違いは線虫害の

発生に影響すると考えられる. しかし実際にサツマイモの作型が線虫害に及ぼす影響を検討した報告はない. また露地野菜とサツマイモの二毛作では, 前作となる露地野菜栽培は線虫密度の動態に影響し, さらには後作サツマイモの線虫害にも影響すると考えられるが, 複数作物の栽培を想定して前作の露地野菜がサツマイモの線虫害に及ぼす影響を検討した報告も少ない (Suzuki ら 2012).

そこで本研究では, サツマイモの線虫害に作型が与える影響を検討し, 作型により異なるサツマイモ栽培時のマルチの種類・有無の影響について検討を加えた. その上でサツマイモ栽培とダイコン栽培との輪作を想定し, ダイコンの栽培とその作期が, ダイコンおよび後作サツマイモの線虫害に及ぼす影響について検討した.

材料と方法

1. 各試験に共通する方法

(1) 圃場条件およびサツマイモの栽培方法

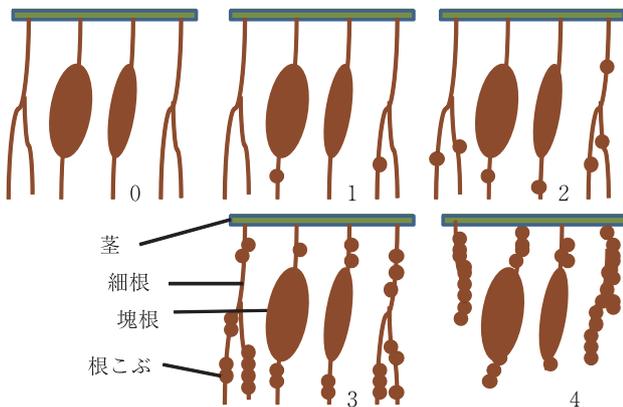
試験は九州沖縄農業研究センター都城研究拠点 (宮崎県都城市) 内の, 線虫に汚染された複数の圃場 (腐植質黒ボク土) で実施した. 試験に用いた圃場および各試験におけるサツマイモ作型の詳細について第1表に示した. 線虫種についてはサツマイモネコブセンチュウの可能性が高いが, アレナリアネコブセンチュウ等が混発している可能性も考えられる (岩堀ら 2000, 岩堀 2010).

サツマイモは, 品種「コガネセンガン」のウイルスフリー苗 (ジェイエイ・アグリシード株式会社から購入) を供試した. 挿苗方法は斜め植えとし, 株間30 cm, 畦間75 cmで栽培した. 施肥は全量基肥として, 窒素4.8 g m⁻², リン酸7.2 g m⁻², およびカリ12.0 g m⁻²を挿苗当日~10日前の畦立て作業時に施した. 生育期間中は適宜害虫および雑草の防除を実施した.

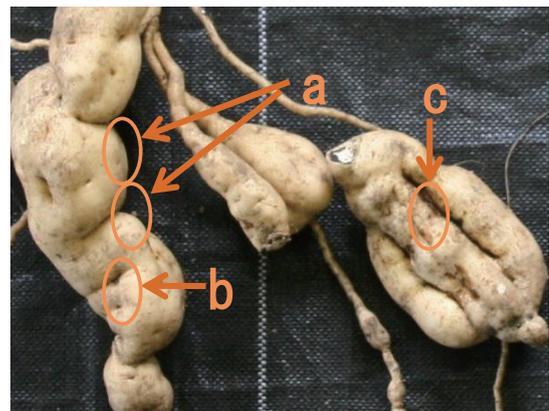
第1表 試験に用いた圃場およびサツマイモ作型の詳細.

圃場名	サツマイモ 栽培年 (圃場面積)	試験 前作	試験前線虫密度 (深さ 10~15 cm)			試験 3 ⁶⁾	サツマイモ 作型・試験	挿苗日	収穫日	栽培日数							
			植物検定法 (0~4)		バルマン法 (線虫数±標準偏差 ²⁾)												
			最小値	最大値													
圃場 A	2008 年 (435 m ²)	ソバ	2.0	3.0	5.0 ± 2.8 ³⁾ (n=24, 前年 8 月 20 日採土)	○	4 月透明マルチ	4/16	9/22	159							
							5 月黒マルチ	5/14	10/20	159							
							6 月無マルチ	6/13	11/10	150							
	2009 年 (180 m ²)	サツマイモ	2.0	3.5	3.5 ± 2.0 ⁴⁾ (n=8, 3 月 5 日採土)		4 月透明マルチ	4/13	9/14	154							
							4/27	10/8	164								
							5 月黒マルチ	5/11	10/19	161							
圃場 B	2009 年 (241 m ²)	サツマイモ	3.5	4.0	56.2 ± 28.7 ⁴⁾ (n=8, 3 月 5 日採土)		圃場 A の 2009 年 と同様		圃場 A の 2009 年と同様								
							圃場 C	2008 年 (528 m ² 1)	サツマイモ	2.0	4.0	n.a. ⁵⁾ (n=6, 4 月 8 日採土)		4 月透明マルチ	4/18	9/25	160
														5 月黒マルチ	5/14	10/22	161
圃場 D	2010 年 (485 m ²)	ソバ	3.0 ³⁾	4.0 ³⁾	10.3 ± 9.5 (n=24, 前年 8 月 27 日採土)	○	6 月無マルチ	6/13	11/11	151							
							圃場 A の 2009 年 と同様	4 月透明マルチ	4/9	9/8	152						
								5 月黒マルチ	5/10	10/12	153						
						試験 2	5/13	10/14	154								

1) 圃場内一部試験区のデータのみを用いた. 2) 20 g 土壌あたりで示した. 3) 検定または線虫計数の一部で反復なし. 4) 線虫計数の反復なし. 5) 調査を実施せず. 6) ○ではサツマイモ栽培前年からダイコンを栽培し, 前作ダイコンの影響を試験 3 で検討.



第1図 サツマイモ細根における根こぶの発症程度 (根こぶ程度).
上図のように0~4の5段階で判定した.



第2図 サツマイモ塊根の線虫害.

a: くびれ, b: くぼみ, c: 裂開.

(2) サツマイモ収穫時の調査方法

サツマイモは1株ごとに地上部を地際で切り, 地上部重を測定した. 次にできるだけ細根をつけた状態で株ごとに掘り上げた後, 水洗いし, 細根にできた根こぶを観察し, 発症程度 (以下根こぶ程度) を第1図に示した0~4の5段階 (0: 無, 1: 少, 2: 中, 3: 多, 4: 甚) で判定した.

また, 直径1 cm 以上で50 g 以上の根を塊根として, 塊根数および塊根生重を測定した. さらにくびれ, くぼみおよび裂開等, 第2図に示した線虫に起因する塊根の被害を達観で判定し, これらの被害が無または軽微な塊根を無被

害塊根とし, 無被害塊根率を式 {無被害塊根率 = 区または株あたり無被害塊根重 / 区または株あたり塊根重 × 100 (%)} により算出した.

(3) 線虫密度の推定

線虫密度の推定には植物検定法とバルマン法を用いた. 植物検定法ではハウセンカ (*Impatiens balsamina* L.) を用いた方法 (田渕・坂本 1983, 猪野・鈴木 1999) を以下の通り改変して用いた. セルトレイ (各セルは30 mm 角 × 深さ45 mm) に育苗土を充填し, ハウセンカを播種して2~4週間栽培し, 根鉢が形成され本葉4枚程度となった苗

を検定に供した。生土重で 150 g の供試土壌をポット（直径 9 cm）に充填後、上述のセル苗を定植し、室温 25℃ に設定した自然光条件の人工気象室で 3~4 週間栽培した。栽培したハウセンカの根を水洗し、上述したサツマイモでの根こぶ程度に準じて検定した。検定は供試土壌あたり 2~3 反復（一部反復なしの場合があり第 1 表に注記）で実施し、平均値を測定値とした。

ベルマン法では供試土壌をあらかじめ 2~3 日室温（約 25℃）においた後、佐野（2004）の方法に準じ、生土重で 20 g の土壌から、土壌中の線虫を分離および計数した。線虫の計数は供試土壌あたり 2~3 反復（一部反復なしの場合があり第 1 表に注記）で実施し、平均値を測定値とした。

2. 各試験の設計

(1) 試験 1：サツマイモの作型が線虫密度および線虫害に及ぼす影響

サツマイモの以下の三つの作型、4 月挿苗の透明ポリマルチ栽培（以下 4 月透明マルチ）、5 月挿苗の黒ポリマルチ栽培（以下 5 月黒マルチ）、6 月挿苗の無マルチ栽培（以下 6 月無マルチ）の違いが線虫害に及ぼす影響を検討した。試験には、第 1 表に示した圃場 A（2008 年および 2009 年）、B、C、および D（6 月無マルチ区は設定なし）のデータを用いた。各試験区は圃場 C 以外は 4.2 m × 3.0 m（4 畦）として設定し、各調査には中央部の 2.4 m × 1.5 m（以下調査区）を供した。圃場 C では、試験区および調査区をそれぞれ 2.25 m × 3.75 m（5 畦）および 0.9 m × 2.25 m とした。

試験期間中の線虫密度の推移は、2009 年に圃場 A および B で検討した。サツマイモは各作型とも第 1 表に示した 2 回の時期に分けて栽培し、さらにサツマイモを栽培しない対照区として、放任管理した放任管理区および各区の畦立て作業と同一日にロータリ耕を実施した耕うん管理区を加え、以上の計 8 区を反復なしでランダムに配置した。各区挿苗日前後 2 日以内に挿苗した区の畦内から、および放任管理区と耕うん管理区では深さ 10~15 cm から採土を行い、植物検定法により線虫密度を調査した。

各作型の挿苗 30 日後までの畦内の地温は、圃場 B の隣接地に畦のみを立てサツマイモの地上部がない条件で調査し、4 月透明マルチでは 4 月 20 日、5 月黒マルチでは 5 月 20 日、6 月無マルチでは 6 月 20 日を基準日として、畦頂部から深さ 10 cm のところにボタン型の温度計（SEC-CD16TB、三洋電機株式会社）を埋設し各基準日から 30 日間測定したデータを用いた。

サツマイモの線虫害については、計 5 圃場・栽培年のサツマイモの無被害塊根率を各作型で比較した。圃場 A（2009 年）および B では、各作型 2 回の時期の平均値を比較に供した。圃場 A（2008 年）、C、および D では試験区がそれぞれ 4、2、および 4 反復されていたが、これらの反復はいずれも作型に関しては無作為化されていないため、圃場

の平均値を比較に供した。

(2) 試験 2：マルチの種類がサツマイモの線虫害に及ぼす影響

試験は 2010 年に圃場 D の一部で実施した。試験区は 2.1 m（7 株相当）× 4.5 m（6 畦）とし、両側 1 畦は番外とし、残りの 4 畦に畦をポリマルチ 3 種（透明マルチ、黒マルチ、および白黒ダブルマルチ）で被覆した区（以下それぞれ透明、黒、および白黒）、および畦を被覆しない無マルチ区（以下無マルチ）、計 4 処理区を畦ごとにランダムに配置した。この試験区を、線虫汚染区および殺線虫剤処理を実施した対照区（各 20.0 m × 4.5 m）内にそれぞれ配置した。対照区では 3 月 17 日に D-D（有効成分：1,3-ジクロロプロペン 97%、アグロカネシヨウ株式会社）による殺線虫剤処理を慣行に準じ実施した。

なお本試験の前には後述の試験 3 をこの圃場で実施しており、圃場内にある二つのブロックではダイコンが作期を変えた 3 処理区（早播区、中播区、および晩播区）で栽培されており、加えて休閑区も設置されていた。そこで前歴の影響を考慮し、本試験では各ブロック跡を線虫汚染区と対照区とし、試験区はダイコン栽培跡（早播区、中播区、および晩播区）にのみ配置し、各栽培跡に 2 反復ずつ、計 6 反復で配置した。ただし試験 3 で後述する通り、ダイコン栽培跡の線虫密度については植物検定法およびベルマン法のいずれにおいても、各栽培跡で同等であった。

サツマイモは第 1 表の通り挿苗および収穫した。サツマイモの調査には、試験区の中央 1.5 m（5 株相当）から対象株または隣接株が欠株の株を除き、処理あたり計 28~30 株を供した。挿苗 53 日後の 7 月 6 日には各株最長茎の長さを測定した。初期生育期間中の処理が地温に及ぼす影響については、対照区の調査対象株のある位置で、畦頂部から深さ 10 cm のところにボタン型の温度計（SEC-CD18TB、三洋電機株式会社）を埋設し、挿苗翌日以降の地温を調査した。

植物検定法による線虫密度およびサツマイモの根こぶ程度では Steel-Dwass の方法、ベルマン法による線虫密度、最長茎長、地上部重、塊根重、無被害塊根重、無被害塊根率、塊根数および無被害塊根数では Tukey-Kramer の方法により、処理区間で平均値を比較した。

(3) 試験 3：ダイコン栽培の有無・作期が線虫密度、ダイコンの線虫害および後作サツマイモの線虫害に及ぼす影響

試験は圃場 A（2007~2008 年）および圃場 D（2009~2010 年）の 2 回に分け実施した。サツマイモの作型および前作ダイコンの有無・作期は分割法により割り付けた。各圃場を 2 ブロックに分け、サツマイモの作型 3 水準（4 月透明マルチ、5 月黒マルチおよび 6 月無マルチ）を主試験区としてブロック内に割り付け、前作ダイコン「耐病総太り」（タキイ種苗）の作期 3 水準（早播区、中播区および晩播区）と休閑区の合計 4 水準を副試験区として主試験区

内に割り付けた。副試験区については各圃場6反復で試験を実施した。ただし引き続きサツマイモ栽培については、いずれの圃場とも1ブロックのみで試験を実施した。各区は4.2 m × 3 mとした。

圃場Aでは早播区で2007年8月24日、中播区で9月20日、晩播区で10月19日にダイコンを播種し、早播区で10月22日、中播区で11月29日、晩播区で2008年3月4日に収穫した。圃場Dでは早播区で2009年9月1日、中播区で9月25日、晩播区で10月14日にダイコンを播種し、早播区で10月28日、中播区で12月1日、晩播区で2010年1月12日に収穫した。ダイコンの施肥は全量基肥として、窒素15.0 g m⁻²、リン酸15.0 g m⁻²、およびカリ15.0 g m⁻²を施し、株間30 cm、条間50 cmで栽培した。生育期間中は適宜害虫および雑草の防除を実施した。休閑区および各区の栽培前後には、手押し式の耕うん機で除草を行った。

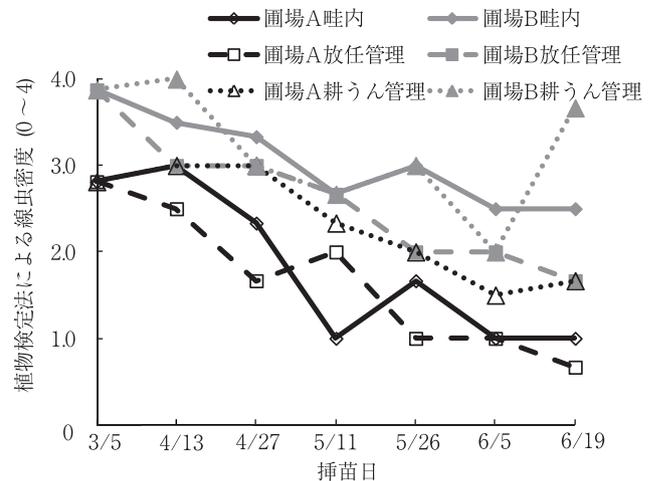
ダイコン収穫時に、圃場Aでは各処理区から中央4条、10株中で隣接株が欠株の株を除き全株を、圃場Dでは各処理区から中央4条、8株中で隣接株が欠株の株を除きランダムに20株を調査に供した。根部の生重を測定するとともに、圃場Dでは線虫の関与が大きい岐根の発生を調査した。根部を0~2の3段階の被害程度(0:無, 1:わずかに被害はあるが商品化可能なもの, 2:被害甚で商品化不可能なもの)で達観により判定し、0~100に換算した被害度(被害度=調査区の被害程度の平均値/2×100)により評価した。また圃場Dでは各処理区から別途4株を根部にできるだけ細根を残して収穫し、細根の根こぶ程度を上述のサツマイモでの方法に準じて判定し、0~100に換算した根こぶ指数(根こぶ指数=調査区の根こぶの発症程度の平均値/4×100)により評価した。さらに根に着生した卵のうを伊藤(2004)に準じ、被害根ごとフロキシシンB水溶液(150 mg L⁻¹)で処理し、肉眼で着生数を計数して調査した。

ダイコン栽培後の線虫密度は、深さ10~15 cmおよび30~35 cmを対象に、圃場Aでは3月31日にサツマイモ栽培に供したブロックからのみ、圃場Dでは1月26日に2ブロック双方から採土を行い、植物検定法およびベルマン法(圃場Dのみ)により調査した。引き続き第1表の通りサツマイモを挿苗および収穫し、収穫時の調査に供した。圃場Dでは6月無マルチについては試験を実施せず、当該区の圃場は試験2に供した。

ダイコンの根こぶ指数および被害度ではSteel-Dwassの方法、根部重および卵のう数ではTukey-Kramerの方法により平均値を比較した。植物検定法による線虫密度ではSteel-Dwassの方法、ベルマン法による線虫密度ではTukey-Kramerの方法により平均値を比較した。

3. 統計解析

Tukey-Kramerの方法による検定は農林水産研究情報総合



第3図 各挿苗時期における植物検定法による線虫密度の増減。

調査は2009年に実施した。土壌は挿苗前の3月5日、および挿苗日から各区前後2日以内に採取し、植物検定法により線虫密度を求めた。3月5日の値は各圃場の平均値(第1表参照)。

センター科学技術計算システムのSAS 9.2を用いて、Steel-Dwassの方法による検定は統計解析ソフトR version 2.12.1(The R Foundation for Statistical Computing)を用いて実施した。

結 果

1. 試験1: サツマイモの作型が線虫密度および線虫害に及ぼす影響

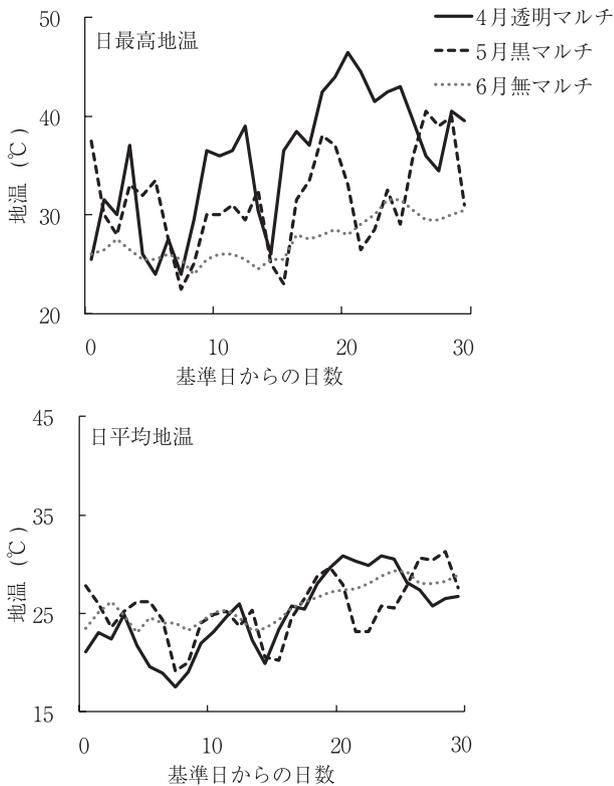
2009年の圃場AおよびBの各挿苗時期における植物検定法による線虫密度の増減を第3図に示した。圃場AおよびBの畦内、放任管理、および耕うん管理のいずれにおいても、挿苗時期が遅くなるに従い密度は減少する傾向を示した。ただし、6月19日挿苗時点でも線虫は残存していた。

基準日から30日間の無挿苗畦の畦内地温の推移を第4図に示した。日平均地温では作型間の順序は日によって異なったが、日最高地温は4月透明マルチおよび5月黒マルチで6月無マルチよりも高い傾向を示し、日最高地温の30日間の平均値は、4月透明マルチで36℃、5月黒マルチで32℃となり、6月無マルチでの27℃に対し大きかった。

計5圃場・栽培年における、作型がサツマイモの無被害塊根率に及ぼす影響を第5図に示した。圃場・栽培年の間で無被害塊根率は異なるが、遅い時期の作型で無被害塊根率が高い傾向が認められた。4月透明マルチでは5圃場・栽培年のうち三つで線虫害が激発し、無被害塊根率が50%未満となった。一方、6月無マルチでの無被害塊根率は、4圃場・栽培年のうち最も低い値でも89%であった。

2. 試験2: マルチの種類がサツマイモの線虫害に及ぼす影響

畦内におけるサツマイモ生育初期の日最高地温および日

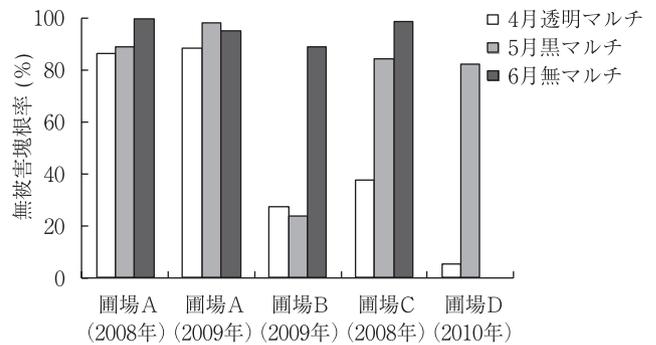


第4図 作型が日最高地温(上図)および日平均地温(下図)に及ぼす影響(2009年).
サツマイモ地上部の被覆がない条件での、畦頂上から深さ10cmの地点での値を示す。基準日は4月透明マルチが4月20日、5月黒マルチが5月20日、6月無マルチが6月20日である。

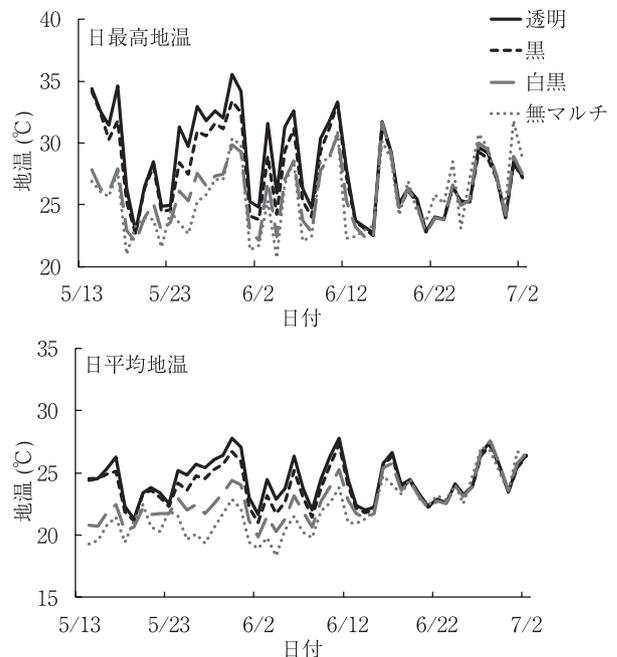
平均地温の推移を第6図に示した。挿苗後日数を横軸にとると、挿苗後の日最高地温および日平均地温には日間変動があったが、約30日目までの同一日では透明で最も高く、次いで黒、白黒、の順となり、無マルチでは白黒と同等か最も低かった。なお挿苗後約30日以降では、マルチの種類・有無による影響はほとんどみられなかった。挿苗後約30日目までの最高値は、日最高地温では透明で36℃、黒で34℃に、日平均地温では透明で28℃、黒で27℃に達した。

マルチの種類・有無がサツマイモの地上部生育、塊根重および線虫害に及ぼす影響を第2表に示した。線虫汚染区では、生育中の最長茎長は透明および黒で長く、次いで白黒となり、無マルチで短かった。収穫時の地上部重も同様の傾向であった。根こぶ程度は透明および黒で高く、次いで無マルチとなり、白黒で低かった。塊根重は透明、黒および白黒で同等であり、無マルチで低かった。無被害塊根重は白黒で高く、透明および無マルチで低くなり、黒では中間の値を示した。塊根数は白黒で多く、無マルチで少なくなり、透明と黒ではその中間の値を示した。無被害塊根数は白黒で透明、黒および無マルチに対し多かった。

一方対照区では、生育中の最長茎長は透明で最も長く、黒、白黒の順となり、無マルチで最も短かった。地上部重は透明、黒および白黒では同等であり、無マルチで低かつ



第5図 作型がサツマイモの無被害塊根率に及ぼす影響。
圃場A(2009年)およびBは各圃場2反復の平均値を示す。圃場A(2008年), C, およびDはそれぞれ4, 2, および4反復の平均値(ただし作型に対して無作為化されていない)を示す。圃場Dの6月無マルチは設定なし。



第6図 マルチの種類・有無がサツマイモ生育初期の日最高地温(上図)および日平均地温(下図)に及ぼす影響(2010年).
畦頂上から深さ10cmの地点での、株元と株間の平均値を示す。

た。根こぶ程度は線虫汚染区と比べいずれの処理でも低く、処理間では同等であった。線虫害はほとんど発生せず、塊根重と無被害塊根重、および塊根数と無被害塊根数の値はほぼ同じであった。塊根重および無被害塊根重は透明、黒および白黒では同等であり、無マルチで低かった。塊根数および無被害塊根数は透明および白黒で多く、無マルチで少なくなり、黒ではそれらの中間の値を示した。

3. 試験3: ダイコン栽培の有無・作期が線虫密度, ダイコンの線虫害および後作サツマイモの線虫害に及ぼす影響

作期がダイコンの根部重および線虫害に及ぼす影響を第

第2表 マルチの種類・有無がサツマイモの地上部生育、塊根重および線虫害に及ぼす影響。

区	マルチの種類・有無	生育中			収穫時				
		最長茎長 (cm)	地上部重 (g plant ⁻¹)	根こぶ程度 (0~4)	塊根重 (g plant ⁻¹)	無被害塊根重 (g plant ⁻¹)	無被害塊根率 (%)	塊根数 (No. plant ⁻¹)	無被害塊根数 (No. plant ⁻¹)
線虫 汚染区	透明	76 a	249 a	3.8 a	760 a	271 b	36 c	2.9 ab	1.2 b
	黒	70 a	247 a	3.8 a	771 a	442 ab	57 bc	3.0 ab	1.7 b
	白黒	52 b	183 b	2.8 c	632 a	539 a	85 a	3.1 a	2.8 a
	無マルチ	24 c	92 c	3.2 b	342 b	262 b	77 ab	2.2 b	1.8 b
対照区	透明	107 a	410 a	1.7 a	968 a	965 a	100 a	3.3 a	3.2 a
	黒	94 b	399 a	1.7 a	892 a	892 a	100 a	2.9 ab	2.9 ab
	白黒	70 c	351 a	1.5 a	995 a	985 a	99 a	3.5 a	3.4 a
	無マルチ	40 d	173 b	1.5 a	477 b	454 b	95 a	2.5 b	2.4 b

試験は圃場 D で 2010 年に実施した。生育中の最長茎長は挿苗 53 日後に調査した。表中の縦軸方向の同英小文字間には、線虫汚染区、対照区それぞれ区内で比較して 5%水準で有意差がない(根こぶ程度は Steel-Dwass 検定, その他は Tukey-Kramer 検定による)。

第3表 作期がダイコンの根部重および線虫害に及ぼす影響。

ダイコン作期	圃場 (試験年), 反復数				
	圃場 A (2007~2008 年), n=6		圃場 D (2009~2010 年), n=6		
	根部重 (g plant ⁻¹)	根部重 (g plant ⁻¹)	根こぶ指数 (0~100)	卵のう数 (No. plant ⁻¹)	被害度 (0~100)
早播区	533 b	522 b	82 a	17 a	52 a
中播区	902 a	673 a	68 a	6 b	38 a
晩播区	476 b	609 ab	20 b	0 b	33 a

表中の縦軸方向の同英小文字間には 5%水準で有意差がない(根こぶ指数および被害度では Steel-Dwass 検定, 根部重および卵のう数では Tukey-Kramer 検定による)。

3表に示した。根部重は圃場 A では中播区で早播区および晩播区に比べ高かった。圃場 D では中播区で早播区に比べ高く、晩播区ではその中間の値を示した。圃場 A では線虫以外の病虫害が多く発生し、欠株や根部表面が損傷した株が多く調査が困難であったため、線虫害については圃場 D の結果のみを示した。根こぶ指数は、早播区および中播区で、晩播区に比べ高かった。卵のう数は早播区で中播区および晩播区に比べ高く、特に晩播区では卵のうはほとんど確認できず、植物体あたりの平均値は 0 であった。被害度も統計的に有意ではないが、早播区で最も高く、中播区、晩播区の順となり、根こぶ指数および卵のう数と同様の傾向を示した。

ダイコン栽培の有無・作期がダイコン栽培後の線虫密度に及ぼす影響を第4表に示した。圃場 A の植物検定法、圃場 D の植物検定法およびベルマン法のいずれの土壤深度(10~15 cm, 30~35 cm)の結果においても区間に有意差はなく、ダイコン栽培の有無・作期は線虫密度に影響を及ぼしているとはいえなかった。

後作サツマイモにおける収量および線虫害の発生程度を第5表に示した。ダイコン栽培の有無・作期とサツマイモの線虫害との関係は、圃場やサツマイモの作型で異なり、明瞭ではなかった。圃場 A の 6 月無マルチでは収量が低かったものの、線虫害がほとんど発生しなかった。圃場 D では

4 月透明マルチ区で線虫害が激発し、無被害塊根収量がきわめて低かった。

考 察

1. 試験 1: サツマイモの作型が線虫密度および線虫害に及ぼす影響

線虫密度は時期が遅くなるにつれて減少する傾向を示した(第3図)。ただし、6 月後半においても一定数の線虫は残存していた。サツマイモネコブセンチュウは九州中部平地では春季に徐々に減少することが知られている(皆川 1978)。一方で佐野(1990)は越冬した線虫の多くが 5 月下旬まで生存することを明らかにしており、これらの報告は本試験での結果と一致している。

無被害塊根率は遅い時期の作型で高い傾向があり、ここで解析した圃場・栽培年の範囲では、6 月無マルチではほとんど線虫害が発生しなかった(第5図)。線虫密度と線虫害の傾向が一致していたことから、線虫密度は挿苗時期が遅くなるに伴い低下し、線虫害発生程度も低下すると考えられる。

一方で無挿苗畦の畦内地温から地上部が繁茂する前の生育初期の地温について考察すると、日平均地温と作型との関係は明瞭ではなかったが、日最高地温は 4 月透明マルチおよび 5 月黒マルチで高く、6 月無マルチで低くなり、線

第4表 ダイコン栽培の有無・作期がダイコン栽培後の線虫密度に及ぼす影響.

圃場 (試験年), 反復数	ダイコン 有無・作期	深さ 10-15 cm				深さ 30-35 cm			
		植物検定法 (0~4)			ベルマン法 (線虫数 ¹⁾)	植物検定法 (0~4)			ベルマン法 (線虫数 ¹⁾)
		平均値	最大値	最小値		平均値	最大値	最小値	
圃場 A (2007~2008 年), n=3	早播区	1.5 a	2.0	1.0	n.a.	2.8 a	3.0	2.5	n.a.
	中播区	1.2 a	1.5	1.0	n.a.	1.8 a	2.0	1.5	n.a.
	晩播区	1.3 a	2.0	1.0	n.a.	2.2 a	2.5	2.0	n.a.
	休閑区	1.2 a	1.5	1.0	n.a.	2.3 a	3.0	2.0	n.a.
圃場 D (2009~2010 年), n=6	早播区	1.8 a	2.0	1.5	1 a	3.6 a	4.0	2.5	15 a
	中播区	1.8 a	2.0	1.0	0 a	3.7 a	4.0	3.0	12 a
	晩播区	1.6 a	2.0	1.0	0 a	3.8 a	4.0	3.5	13 a
	休閑区	2.0 a	2.0	2.0	1 a	3.8 a	4.0	3.0	14 a

圃場 A では 2008 年 3 月 31 日に、圃場 D では 2010 年 1 月 26 日に採土を行った。ベルマン法による調査は圃場 A では実施せず、表中の縦軸方向の同英小文字間には圃場内で比較して 5%水準で有意差がない(植物検定法では Steel-Dwass 検定, ベルマン法では Tukey-Kramer 検定による)。

¹⁾ 20 g 土壌あたりで示した。

第5表 ダイコン栽培の有無・作期が後作サツマイモの収量および線虫害に及ぼす影響.

圃場 (試験年)	ダイコン 有無・作期	サツマイモ作型								
		4月透明マルチ			5月黒マルチ			6月無マルチ		
		塊根収量 (g m ⁻²)	無被害 塊根収量 (g m ⁻²)	無被害 塊根率 (%)	塊根収量 (g m ⁻²)	無被害 塊根収量 (g m ⁻²)	無被害 塊根率 (%)	塊根収量 (g m ⁻²)	無被害 塊根収量 (g m ⁻²)	無被害 塊根率 (%)
圃場 A (2007~2008 年)	早播区	3848	2726	71	4003	3431	86	2682	2682	100
	中播区	3888	2900	75	3109	2682	86	2537	2537	100
	晩播区	3942	3942	100	3528	3285	93	2593	2593	100
	休閑区	3687	3671	100	4328	3889	90	2732	2696	99
圃場 D (2009~2010 年)	早播区	3019	86	3	2995	2648	88			
	中播区	2714	181	7	2953	2133	72			
	晩播区	2702	130	5	3338	2398	72			
	休閑区	2897	222	8	3034	2945	97			

圃場 D では 6 月無マルチ区は設置せず。

虫害の結果と一致していた(第4図)。サツマイモを栽培した畦では挿苗穴があり、また部分的にはあるが地上部が被覆しているため、無挿苗畦の畦内地温は挿苗畦よりもやや高く推移していると考えられるが、大まかな傾向はほぼ同様と考えられる。地温は線虫の作物への寄生、増殖に大きく影響するので、密度低下とは別に地温の違いが線虫害に影響した可能性も考えられる。この点は次の試験2で考察する。

2. 試験2: マルチの種類がサツマイモの線虫害に及ぼす影響

サツマイモの生育初期では地上部がまだ繁茂していないので、マルチの種類・有無が直接地温に影響する。透明および黒は地温を上昇させるが後者の効果は前者にやや劣り、また白黒は透明および黒に比べ地温を抑制する(マルチ栽培研究会 1995)。本試験でもマルチの種類は地温に影響し、日最高地温は透明で最も高く、次いで黒、白黒の順

となり、平均地温でも処理間の差は小さくなったものの同様の順であった(第6図)。これらの傾向は過去のサツマイモ栽培での報告と同一であった(吉岡ら 1989, 門脇ら 2009, 蔵之内ら 2010)。なお日最高地温は透明または黒では約 35℃に達したが、これまでも透明では生育初期の晴天時にはかなりの地温上昇(地表下 5 cm で約 50℃)がみられることが示されている(内村ら 1968)。

本試験では塊根重は透明、黒、白黒で同等であった(第2表)。しかし根こぶ程度は白黒で低く、白黒では線虫の寄生が抑制されたと考えられる。さらに無被害塊根重、無被害塊根率および無被害塊根数の結果から、白黒では線虫害の発生も抑制された。このことは地温が線虫の寄生や線虫害の発生に影響していることを示唆している。Fortnumら(1997)もトマト栽培においてポリマルチの色と線虫害との関係を検討しており、白マルチでは黒マルチに比べ地温が低いこと、また線虫密度が高い条件では、前者では後者に比べ収量が高いことを報告している。

これまで地温は線虫の寄主への侵入に影響することが知られており、サツマイモ挿苗時に想定される地温の範囲では、高温ほど侵入が促進されると考えられる。日高・田中(1967)はサツマイモネコブセンチュウの寄主体への侵入は侵入数および侵入率ともに $28^{\circ}\text{C} > 22^{\circ}\text{C} > 10^{\circ}\text{C}$ であり、高温ほど短時間で起こると述べている。透明および黒では日平均地温が高く推移したことからも線虫の侵入は促進されたと考えられる。さらに線虫の寄主への侵入は短時間でおこることから、日最高地温が高いこれらの区では、その影響はさらに大きい可能性がある。実際に夜温を一定とし、昼温を変化させた場合、恒温区よりも昼間高温区で根こぶ指数が高いことが報告されている (Jatala and Russell 1972, 岡本・三井 1977)。サツマイモネコブセンチュウは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) が、塊根の被害の発生は侵入した線虫の寄生により塊根の肥大が局所的に妨害されることにより引き起こされると考えられる (荒城 1982) ので、侵入数の増加は被害の増加につながると考えられる。

一方で地温はサツマイモの生育に影響する。サツマイモの発根最適地温には品種間差があるが、コガネセガンでは 30°C 前後であり (中谷ら 1989)、地温がまだ低い早春では、ポリマルチによる地温上昇は活着を促進する。さらに低地温条件では養分吸収が抑制され、生育初期の乾物生産も抑制される (津野・藤瀬 1964)。本試験でも生育中の最長茎長を無マルチを除いた三つの処理間で比較すると、線虫汚染区および対照区の双方で透明および黒に対し白黒で短く、低地温が地上部の初期生育を抑制したと考えられる。特に線虫汚染区では収穫時の地上部重は透明および黒に対し白黒で低く、初期生育が抑制された影響が収穫時まで残ったと考えられる。ただし塊根重に関しては、線虫汚染区および対照区の双方で三つの処理間で有意な差は認められなかったことから、いずれの処理でも塊根の肥大に必要なある程度の地上部生育は確保されていたと考えられる。なおポリマルチ栽培では地温の上昇に加えて養分の溶脱が防止され、また水分および通気性の面で良好な畦内の土壤環境も保たれることから、サツマイモの生育が促進され増収することが報告されている (市来ら 1973, 内村 1975, 上妻・江畑 1981)。本試験の無マルチでも、地上部重および塊根重の双方が線虫汚染区および対照区の双方で低かった。特に本試験では追肥を実施していないため、基肥の溶脱が大きく影響した可能性が考えられる。さらに2010年の宮崎県での6月から7月にかけての降水量は平年値を大幅に上回り、日照時間が少なく、無マルチ栽培の生育には不適な条件であったことも影響したと考えられる (注:九州沖縄地域の気象・農作概況 病害虫の発生概況 2010年 (平成22年) 農作概況 カンショ九州農業試験研究機関協議会 <http://qnoken.ac.affrc.go.jp/gaikyo/index.html> (2012/3/20 閲覧))。

本試験での結果は、ポリマルチによる地温上昇は線虫害

の発生を促進することを示しているが、同様の例がサツマイモ立枯病でも知られ、猪野ら (1985) は、植付時期から生育初期にかけての高温および乾燥条件によりサツマイモの立ち枯れ症状は助長されるので、透明および黒マルチ栽培に比べ白黒マルチ栽培で被害を軽減できることを報告している。このように、土壤病害の発生防止の面からはサツマイモ栽培における過剰な地温上昇は望ましくないと考えられるので、作期に対して適切なマルチ資材を利用していくことが重要と思われる。

3. 試験3: ダイコン栽培の有無・作期が線虫密度、ダイコンの線虫害および後作サツマイモの線虫害に及ぼす影響

ダイコンには線虫が寄生し、中南部九州での秋播き栽培では線虫害が発生することが知られている (荒城・飯塚 1991, Suzukiら 2012)。圃場A、圃場Dとも試験開始前の線虫密度は圃場全体で高く、線虫害が発生する条件であったと考えられ、ダイコンには線虫害が発生した。線虫害の発生について解析できたデータは圃場Dのみであったが、ダイコンの作期はダイコンへの線虫寄生およびダイコンの線虫害に影響した (第3表)。栽培時期が遅くなるほど根こぶ指数、卵のう数および被害度は低下することが示され、特に卵のうがほとんど確認できなかった晩播区では産卵にほとんど至らず、増殖しないと考えられた。サツマイモネコブセンチュウの発育には前述の通り温度が関与するが、その発育零点は 12°C と報告されており (後藤ら 1973, 佐野 1978)、晩播区では線虫の1世代発育に必要な地温が確保されなかったと考えられる。

一方、いずれの土壤深度 (10~15 cm および 30~35 cm)、密度調査方法 (植物検定法およびベルマン法) でも、ダイコン栽培後の線虫密度にはダイコン栽培の有無・作期は影響を及ぼしているとはいえなかった (第4表)。したがって本試験での作期の範囲では、ダイコンの作期は卵のうの着生には影響するが、線虫密度にはほとんど影響しないことが明らかとなった。この原因としては、ダイコンの生育初期に寄生した線虫は卵のうを形成し増殖した可能性があるものの、生育中期以降に寄生した線虫は作期を考えると1世代発育に至らなかったこと、さらに根圏から離れた部分の線虫はダイコンに寄生せず、土壤中に残存していることが考えられる。

実際にサツマイモの線虫害の結果からは、ダイコン栽培の有無・作期は後作サツマイモの線虫害に影響を及ぼしているとはいえなかった (第5表)。この結果は、区間でサツマイモ栽培前の線虫密度が同等であったことを反映しているといえる。なお圃場Dの4月透明マルチでは線虫害が激発し、無被害塊根収量はほぼ皆無であったが、この結果は、圃場Aに比べ圃場Dでは線虫密度が高かったことと、サツマイモの作型が線虫害の発生しやすい4月透明マルチであったことを反映していると考えられる。

以上から、サツマイモの作型は線虫害の発生に影響すると考えられ、その原因として作期の違いによる挿苗時の線虫密度の違いと、マルチの有無・種類の違いによる地温の違いが関与していることが示唆された。サツマイモの線虫害に対しては殺線虫剤の効果が高く、これまで耕種的防除法の基礎となる作型、前作等の栽培環境条件が線虫害に及ぼす影響についてはあまり検討されてこなかった。今後これらの解明が進めば、耕種的防除法を活用した環境保全型サツマイモ栽培管理技術の開発に役立つと考えられる。

謝辞:本研究の実施にあたり、九州沖縄農業研究センター業務第3科の技術専門職員および都城研究拠点の契約職員の皆様には、圃場管理および調査の面で多大な協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 荒城雅昭 1982. ネコブセンチュウ汚染圃場におけるサツマイモ塊根部異常症の発生経過. 九病虫研究会報 28 : 223-224.
- 荒城雅昭・飯塚隆治 1991. サツマイモネコブセンチュウによるダイコンの被害およびD-D剤の防除効果. 日線虫研誌 21 : 53-54.
- Fortnum, B. A., D. R. Decoteau and M. J. Kasperbauer 1997. Colored mulches affect yield of fresh-market tomato infected with *Meloidogyne incognita*. J. of Nematol. 29 : 538-546.
- 後藤昭・佐野善一・皆川望 1973. 有効積算温度によるサツマイモネコブセンチュウの侵入時期別発生予察. 九病虫研究会報 19 : 124-128.
- 日高醇・田中勝利 1967. サツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita* var. *acrita* Chitwood) のふ化状態と寄主体侵入に及ぼす温度の影響. 九病虫研究会報 13 : 7-9.
- 市来秀夫・田上三夫・草野秀. 1973. 南九州火山灰畑土壌の肥沃度増進に対する燐酸資材およびプラスチックマルチの効果. 九州農試報告 16 : 649-668.
- 猪野誠・篠原繁幸・屋敷隆士 1985. 千葉県におけるカンショ立枯症状の発生実態と発生条件. 千葉農試研報 26 : 25-37.
- 猪野誠・鈴木一男 1999. サツマイモに対する線虫対抗植物の導入効果. 日作関東支報 14 : 52-53.
- 伊藤賢治 2004. 4.1.3. 卵嚢着生数. 線虫学実験法編集委員会編, 線虫学実験法. 日本線虫学会, つくば. 104-105.
- 岩堀英晶 2010. 九州沖縄地域における有害線虫の分類と地理的分布. 植物防疫 64 : 239-246.
- 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. 九病虫研究会報 46 : 112-117.
- Jatala, P. and C.C. Russell 1972. Nature of sweet potato resistance to *Meloidogyne incognita* and the effects of temperature on parasitism. J. of Nematol. 4 : 1-7.
- 門脇正行・大木詩子・河原克明・安田登・山根智子 2009. 地温がサツマイモ塊根の生育および収量に及ぼす影響. 日作紀 78 (別2) : 210-211.
- 上妻道紀・江畑正之 1981. 甘しょの多収技術確立に関する研究 第1報 ポリマルチ・早植え条件での品種特性. 九農研 43 : 45-46.
- 久保田哲史・金岡正樹・後藤一寿 2009. 第2章 需要構造変動下の南九州畑作農業の変容と模索. 福田晋編, 共生農業システム叢書 第6巻 西日本複合地帯の共生農業システム-中四国・九州, 農林統計協会, 東京. 64-106.
- 蔵之内利和・中村善行・高田明子・田宮誠司・中谷誠・熊谷亨 2010. サツマイモ蒸切干加工用品種の収量・品質関連形質に及ぼすマルチ被覆および気象の影響. 日作紀 79 : 491-498.
- マルチ栽培研究会 1995. 第4章 マルチフィルムの種類と, その特性・利用. マルチ栽培研究会編, マルチ栽培研究会30年史. マルチ栽培研究会, 市原. 80-88.
- 皆川望 1978. サツマイモネコブセンチュウのは場における発生経過と密度推定法. 植物防疫 32 : 247-252.
- 中谷誠・小柳敦史・渡辺泰・古明地通孝 1989. サツマイモ苗の発根に及ぼす地温の影響: 第2報 苗の発根最適地温並びに低地温での発根能力の品種間差異. 日作紀 58 : 35-41.
- 西原悟 2010. 2. III章 サツマイモの生産と普及 2節 栽培・貯蔵(3) 主要地域における栽培 オ南九州(鹿児島, でん粉および焼酎原料用). 財団法人いも類振興会編, サツマイモ事典. 財団法人いも類振興会, 東京. 175.
- 農林水産省生産局生産流通振興課 2010a. いも・でん粉に関する資料. 22-23.
- 農林水産省生産局生産流通振興課 2010b. いも・でん粉に関する資料. 39.
- 岡本好一・三井康 1977. サツマイモネコブセンチュウの寄生性に對する温度の影響. 日線虫研誌 7 : 10-14.
- 佐野善一 1978. サツマイモネコブセンチュウ幼虫の活動性に及ぼす低温の影響. 九病虫研究会報 24 : 144-147.
- 佐野善一 1990. 九州中部平地におけるサツマイモネコブセンチュウの越冬経過. 日線虫研誌 20 : 8-17.
- 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. 九病虫研究会報 40 : 155.
- 佐野善一 2004. 2.1.1. バルマン法. 線虫学実験法編集委員会編, 線虫学実験法. 日本線虫学会, つくば. 87-88.
- Suzuki, T., T. Kobayashi, K. Adachi, H. Mochida, H. Iwahori, Y. Tateishi and K. Uesugi 2012. Effect of introducing nematode-resistant sweet potato cultivars on crop productivity and nematode density in sweet potato-radish double-cropping systems. Plant Prod. Sci. 15 : 48-56.
- 田淵尚一・坂本敏 1983. カンショ品種のサツマイモネコブセンチュウ抵抗性と線虫密度との関係. 九病虫研究会報 29 : 126-129.
- 津野幸人・藤瀬一馬 1964. 甘藷の乾物生産に関する研究: 第3報 養分吸収と乾物生産との関係. 日作紀 32 : 297-300.
- 内村力 1975. マルチ条件下における甘しょの生育収量の変化と養分吸収ならびに2・3の土壌環境要因について. 鹿児島県農試研報 3 : 1-11.
- 内村力・今村実・宮下茂樹 1968. 南九州における畑夏作物のマルチ栽培に関する研究: 第1報 主要夏作物のマルチ効果について. 日作九支報 31 : 61-63.
- 吉岡秀樹・坂本真一・加勇田誠 1989. 食用カンショのマルチ栽培用新素材の特性と効果. 九農研 51 : 38.

Influences of Cropping Type, Mulch Materials and Preceding Radish Cropping on Root-knot Nematode Injury in Sweet Potato : Takayuki SUZUKI^{1,3)}, Hideaki IWAHORI^{2,3)}, Katsuki ADACHI^{1,3)} and Tooru KOBAYASHI¹⁾ (¹⁾*Upl. Farming Res. Div., NARO/KARC, Miyazaki 885-0091, Japan;* ²⁾*Agro-Environ. Res. Div., NARO/KARC;* ³⁾*Graduate Sch. of Bioresource and Bioenvironmental Sci., Kyushu Univ.*)

Abstract : Three cropping types in sweet potato, namely, planting in April and growing with transparent polyethylene mulch, planting in May and growing with black polyethylene mulch, and planting in June and growing without mulch, were compared. The root-knot nematode density at the planting of sweet potato and the root-knot nematode injury in sweet potato were reduced by the late cropping. Then, the influences of the mulch material on the injury were examined in the same cropping season and the same nematode density. Nematode injury in sweet potato was reduced by growing with white and black double-layered polyethylene mulch and by growing without mulch as compared with the growing with transparent polyethylene mulch and with black polyethylene mulch. This suggested that the soil temperature influenced nematode injury. The cropping season of radish influenced the nematode injury in radish. However, preceding radish cropping and its season had little influence on the nematode density before succeeding sweet potato cropping and on the nematode injury in sweet potato.

Key words : Cropping season, Cropping type, Mulch, Radish, Root-knot nematode, Sweet potato.
