

ネコブセンチュウの初期密度がピーマンの生育および収量に及ぼす影響

赤木 功*・樗木直也

鹿児島大学農学部植物栄養・肥料学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

The Effect of the Initial Population Density of Root-knot Nematode on the Growth and Yield of Sweet Pepper

Isao Akagi* and Naoya Chishaki

Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizers, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

Summary

The influence of initial population density of root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on the growth and fruit yield of sweet pepper was investigated. Sweet pepper seedlings were planted in different nematodes population density levels soils and these were cultivated for 95 days. The shoot dry matter production and fruit yield decrease by 29% and 37% for population density of 1.8 number g^{-1} soil, by 33% and 51% for population density of 26.3 number g^{-1} soil, by 40% and 44% for population density of 70.1 number g^{-1} soil, respectively. These results indicate that root knot nematodes causes serious economic damage to sweet pepper production even at very low initial population density level of 1 number g^{-1} soil.

Key Words: growth and yield, initial population density, root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.), sweet pepper.

キーワード：ネコブセンチュウ (*Meloidogyne* spp.), ピーマン, 生育および収量, 初期密度.

緒言

宮崎県や鹿児島県をはじめとする国内の主要ピーマン (*Capusicum annuum* L.) 産地では植物寄生性線虫の一つであるネコブセンチュウによる被害が大きな問題となっている。ネコブセンチュウは九州沖縄地域に広く分布し、宿主範囲が広いものが多く、我が国の代表的な難防除線虫の一つとされている。ネコブセンチュウによる野菜類の被害は古くから報告されてきたが (Inagaki, 1985; 中園, 1983; 吉田, 1992), 野菜類の産地化に伴う単一作物の連作, 施設園芸の普及による周年, 長期栽培等がその慢性的な被害を引き起こすとともに, モントリオール議定書の発効による臭化メチルの使用規制 (土壤くん蒸利用2012年末全廃) がネコブセンチュウによる被害をさらに激化させているといわれる。

ネコブセンチュウが寄生したナス科果菜類は, 葉の黄化, しおれなどの症状が現れるとともに, 生育が停滞し, 激しい場合には萎凋枯死に至る。また, センチュウが寄生することで青枯病などの土壤病害に罹病 (複合病害) しやすくなることも知られている (三井, 1988)。しかしながら, ネコブセンチュウの寄生がピーマンの生育あるいは収量に及ぼす影響について数量的に調査した事例

は少ない。一方, ネコブセンチュウによる作物被害はその栽培開始時の密度 (初期密度) に大きく影響されるものと一般に考えられているが, ピーマンの国内品種についてその関係性を検証した報告は見られない。したがって, 本研究では, ネコブセンチュウによる寄生がピーマンの生育および収量に及ぼす影響について, 初期密度が異なるネコブセンチュウ汚染土壌でピーマンを栽培することで検証を行った。

材料および方法

1. 供試土壌

ネコブセンチュウによる被害が確認された宮崎県宮崎市島之内および鹿児島県肝付町内之浦の促成ピーマン栽培圃場からネコブセンチュウを含む土壌を採取した。これらを市販の園芸培養土 (リョウトウ園芸培土ポット用2号, 菱東肥料) と混合し, プラスチックコンテナに充填した後, ピーマンおよびホウセンカを植栽して, ネコブセンチュウの増殖および定着を図った。約4ヶ月後, ピーマンおよびホウセンカを抜き取り, 根等の夾雑物を除去したコンテナ内の土壌をネコブセンチュウ汚染土壌 (以下, 汚染土壌) として以下のピーマン栽培試験に供試した。なお, PCR-RFLP 解析 (岩堀ら, 2000) によれば, 汚染土壌中に生息しているネコブセンチュウ種はサツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita*

2013年11月5日 受付日

2014年1月15日 受理日

*Corresponding author. E-mail: akagi046@chem.agri.kagoshima-u.ac.jp

(Kofoid & White) Chitwood) に判別されるものであった。

2. ピーマンの栽培試験

園芸培養土（リョウトウ園芸培土ポット用2号）に汚染土壌を任意の割合で混合することで、ネコブセンチュウ密度の異なる土壌を調整した。ここでは、試験区として、汚染土壌のみを充填した区（以下、汚染土100%区）、園芸培養土と汚染土壌をそれぞれ9：1の容積割合で混合した区（以下、汚染土10%区）、99：1の容積割合で混合した区（以下、汚染土1%区）および園芸培養土のみを充填した区（以下、健全区）の4区（各試験区あたり5反復）を設定した。ベルマン法による栽培開始時における土壌1 g中のネコブセンチュウ密度（初期密度）は、汚染土100%区が70.1頭、汚染土10%区が26.3頭、汚染土1%区が1.8頭、健全区が0頭であった。これらの値は園芸培養土と汚染土壌の混合割合から予想される値とは必ずしも一致していないが、本研究の目的を達成するにあたっては支障をきたさないものと判断した。なお、ここで用いた園芸培養土は加熱処理された土壌を材料としており、ベルマン法によってもネコブセンチュウが検出されないことを確認している。

上述のようにセンチュウ密度を調整した土壌をポリポット（直径24 cm、高さ24 cm、容積8.5 L）にそれぞれ6.5 kgずつ充填し、2010年10月11日に第1果開花前のピーマン（品種：京鈴、タキイ種苗）を定植した。ポットに定植したピーマンは鹿児島大学農学部附属農場内のガラス温室に搬入し、11月中旬以降は加温装置を用いて最低気温15℃以上で管理し、南九州地域における慣行の促成栽培に近い栽培環境となるように栽培管理を行った。ピーマンは主枝2本仕立てとし、側枝は1～2節で適宜摘心した。園芸培養土にはあらかじめ肥料成分（N：0.2 g/L、P₂O₅：2.0 g/L、K₂O：0.2 g/L）が含まれているので、汚染土100%区、汚染土10%区および汚染土1%区については、健全区と肥料成分量が同じになるように、それぞれ粒状配合肥料および過リン酸石灰を加えて調整した。追肥は第1果収穫期以降、ピーマンの草勢を見ながら希釈した Hoagland 培養液を1～2週間毎に分施した。灌水およびその他の管理は必要に応じて適宜実施した。収穫は形状が良好で果重20～25 gのものを目安に定植31日後（第1果収穫適期）から定植95日後（試験終了時）まで行い、それらの数量（果数）および重量（果重）を調査した。形状不良果および肥大不良果は適宜摘果した。

試験終了時には、植物体を丁寧に掘り上げ、主茎長、主茎節数および茎径（一次分枝節直下位）を計測するとともに、各部位（葉、茎および根）を80℃で3日間乾燥させ乾物重を計量した。また、根におけるネコブセンチュウ被害の程度を評価するために、根こぶの発生度合いを目視によって5段階（0：なし、1：わずか、2：散見、3：多数、4：甚多）に評価し、根こぶ指数〔(試験区における5段階評価の平均値/4) × 100〕を求めるとともに、卵のう着生数を計測した。卵のう着生数は、根を5～10 cm程度に裁断した後、0.1%フロキシシン B 水溶液で卵のう

を染色し、裁断根1 gあたりの卵のう数を計測することで求めた。

結果および考察

試験終了時（定植95日後）のピーマン根におけるネコブセンチュウ被害の程度を第1表に示した。健全区は根こぶの形成が見られなかったのに対し、汚染土100%区、10%区および1%区は多数の根こぶの形成が認められ、根こぶ指数はいずれも75.0と高い値を示した。また、汚染土100%区、10%区および1%区の試験区間では、根こぶ指数、すなわち、目視による根こぶの形成程度には違いが認められなかったが、卵のう着生数は汚染土1%区が82個、10%区が165個、100%区が141個であり、初期ネコブ密度が低い1%汚染区は10%区および100%区よりも有意に少なかった。

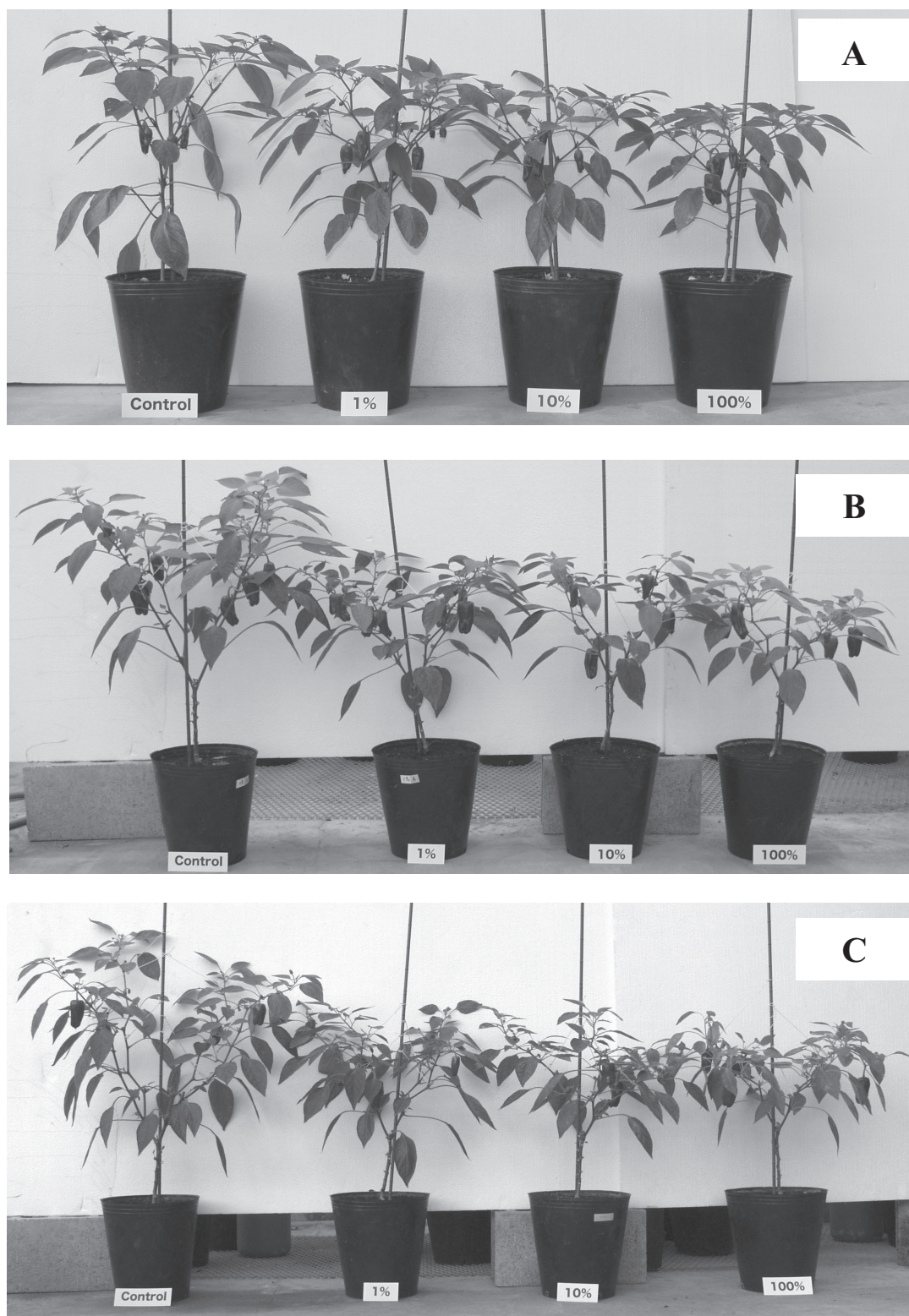
第1表 試験終了時（定植95日後）におけるピーマン根のネコブセンチュウ被害状況

処理区	根こぶ指数	卵のう着生数 ² (g ⁻¹ 根)
健全区	0	0 a
汚染土1%区	75.0	82 b
汚染土10%区	75.0	165 c
汚染土100%区	75.0	141 c

² 同じ英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD検定, n=5)

定植35日、63日および93日後におけるピーマンの生育状態を第1図に示した。この図からも分かるように、果実の収穫が始まった定植30日前後では、初期密度が高い試験区ほど節間が詰まり、草丈が低くなっており、すでに草勢が低下しはじめていることが観察された。定植60日前後では、健全区とそれ以外の汚染土区の草丈の差が顕著となり、汚染土区では形状不良果および肥大不良果が認められるようになった。さらに、試験終了前の定植90日前後において、健全区以外の汚染土区では上位葉のクロロシスが目視によっても明らかに観察されるようになった。

試験終了時におけるピーマンの主茎長、茎径、主茎節数および部位別乾物重を第2表に示した。主茎節数は試験区間で差が認められなかったが、主茎長は汚染土100%区、10%区および1%区が健全区よりも有意に短く、同様に茎径も健全区以外の汚染土区が有意に細かった。また、部位別の乾物重は根では試験区間で違いが認められないものの、葉および茎では汚染土100%区、10%区および1%区が健全区よりも有意に低かった。葉と茎の乾物重の合計量（地上部乾物生産量）の1株あたりの平均は健全区が30.0 g、汚染土100%区が18.0 g、汚染土10%区が20.2 g、汚染土1%区が21.3 gであり、健全区に対する汚染土100%区、10%区および1%区の減少率は、そ



第1図 各試験区のピーマンの生育状況 (A. 定植35日後, B. 定植63日後, C. 定植93日後).
各写真とも左より健全区, 汚染土1%区, 汚染土10%区, 汚染土100%区.

それぞれ40%, 33%, 29%であった。

試験期間におけるピーマン果実の累積収量（果実数および果実重）の推移を第2図に示した。累積果実数および累積果実重は、定植60日後において健全区と汚染土100%区、10%区および1%区との間に有意な差が認められた。この時点における汚染土100%区、10%区および1%区の果実重の健全区に対する減収率は、それぞれ38%、

44%、27%であった。定植80日後より以降、健全区以外の汚染土区は収量の増加がほぼ頭打ちとなった。これに伴い、両者の累積収量の差はさらに拡大し、健全区に対する汚染土100%区、10%区および1%区の減収率は、定植80日後ではそれぞれ38%、44%、27%、定植95日後では44%、51%、37%となった。先に述べたように、定植90日前後において、汚染土区では上位葉のクロロシスが

第2表 試験終了時（定植95日後）におけるピーマンの主茎長、茎径、主茎節数および乾物重。

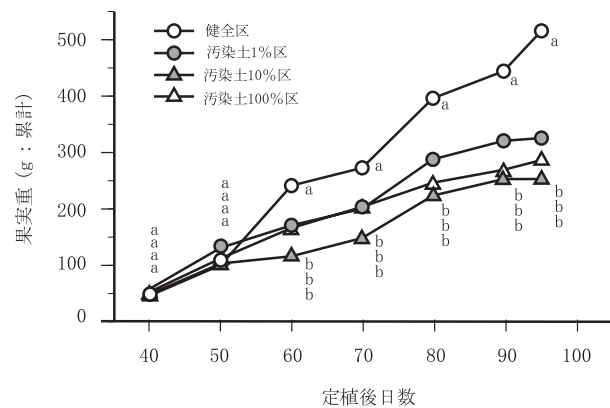
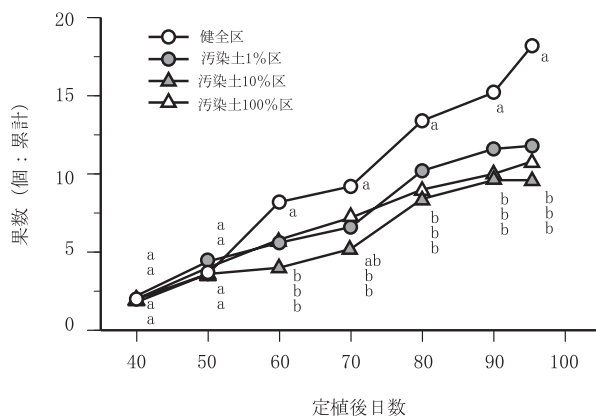
処理区	主茎長 (cm)	茎径 ^z (cm)	主茎節数	乾物重 (g 株 ⁻¹)		
				葉 ^y	茎 ^x	根
健全区	79.6 a	9.7 a	12.4 a	14.8 a	15.2 a	10.0 a
汚染土1%区	58.7 b	8.0 b	11.2 a	11.2 b	10.1 b	9.8 a
汚染土10%区	61.0 b	7.6 b	12.6 a	10.9 c	9.3 b	9.3 a
汚染土100%区	54.2 b	7.1 b	11.0 a	9.4 c	8.6 b	9.1 a

列内の同じ英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD検定, n=5)

^z 第1次分枝節の1~2 cm下位における直径。

^y 葉身のみ

^x 葉柄を含む



第2図 ピーマン果実の累積収量の推移

定植後日数が同一で、同じ英文字を付したものの間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD 検定, n=5)。

発現しており、これに伴う光合成能力の低下がこの時期の果実収量の停滞に関与していた可能性が考えられる。

以上のように、ネコブセンチュウの寄生によるピーマンの地上部乾物生産量の減少率および果実収量の減収率 (試験終了時) は、汚染土1%区がそれぞれ29%および37%、汚染土10%区が33%および51%、汚染土100%区が40%および44%であり、概してネコブセンチュウ汚染土壌の混合割合が高いもの、すなわち、ネコブセンチュウの初期密度が高い試験区ほど被害が大きくなる傾向が見られた。このように、ネコブセンチュウの初期密度と作物の被害程度との間に相関性が認められた調査事例はこれまでいくつか報告されている。例えば、ニンジンにおいて、初期密度の対数値と異常根発生率との間には高い正の相関が認められ、初期密度が土壌20 gあたり20頭程度から上物重の減少による経済的被害が生じることが報告されている (佐野, 1988)。本研究の結果に従えば、少なくとも初期密度が土壌1 gあたり2頭程度 (汚染土1%区の事例) であっても、定植90日後において果実収量は40%程度減収すると見込まれる。一般的に、南九州地域の促成ピーマン栽培では定植後180日以上という長期にわたって栽培が行われるが、このような栽培体系下ではさらに果実収量は減収するものと予想される。本研究

は根域が制限されているポットを用いた試験であることから、現地圃場における被害実態と必ずしも一致するものではないが、その被害は初期密度が低い場合でもかなり深刻であると認識する必要がある。

近年、土壌センチュウ防除においても、従来の薬剤防除 (化学的防除) だけでなく、陽熱消毒などの物理的防除、天敵微生物を利用した生物的防除、輪作、対抗作物の導入などの耕種的防除、抵抗性品種の利用などの技術を組み合わせた総合的害虫管理 (Integrated Pest Management: IPM) 技術の構築の必要性が提案されている (佐野, 1993)。IPM 技術を構築する上では、防除の可否の判断基準となる要防除密度が設定されることが望ましい (中筋, 1997)。センチュウ防除における要防除水準として、定植時のセンチュウ密度 (初期密度) がその指標として活用できるものと考えられるが、そのためには初期密度と作物被害との関係性に関する知見の集積が不可欠である。ピーマン栽培における要防除水準を策定するには、初期密度をさらに低く設定した試験を実施し、初期密度と生育および収量との関係性についてより詳細に解明する必要があると考える。

要 約

ネコブセンチュウの初期密度がピーマンの生育および収量に及ぼす影響について、ポットを用いた栽培試験によって検証した。ネコブセンチュウの寄生によるピーマンの地上部乾物生産量および果実収量の減少率は、栽培終了時（定植93日後）において、初期密度が1.8頭 g^{-1} の場合で29%および37%、26.3頭 g^{-1} の場合で33%および51%、70.1頭 g^{-1} の場合で40%および44%であった。本研究は根域が制限されているポットを用いた試験であることから、現地圃場における被害実態と必ずしも一致するものではないが、その被害は初期密度が低い場合でもかなり深刻であると認識する必要がある。

謝 辞

本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「ピーマン産地の連携による線虫抵抗性選抜システムの開発と土壌病害虫複合抵抗性台木品種の育成」（農林水産省）によって得られた成果の一部である。現地圃場での土壌採取に協力いただいた鹿児島県農業開発総合センターおよび宮崎県総合農業試験場の関係各位に対し感謝の意を表します。

引用文献

- Inagaki, H. 1985. The plant parasitic nematodes important in Japan the related researches. JARQ. 18: 194-201.
- 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.
- 三井 康. 1988. 土壌害虫および線虫が媒介する病害. 植物防疫. 42: 1-4.
- 中筋房雄. 1997. 総合的害虫管理学. p.45-58. 養賢堂. 東京.
- 中園和年. 1983. 九州地域における線虫の被害と防除上の問題点. 九州農業研究. 45: 10.
- 佐野善一. 1988. 夏播きニンジンにおけるサツマイモネコブセンチュウの密度と被害. 九州病害虫研究会報. 34: 127-130.
- 佐野善一. 1993. 植物寄生性線虫の防除を巡る諸問題. 日本線虫学会誌. 23: 95-101.
- 吉田睦浩. 1992. 線虫研究の歩み－日本線虫研究会創立20周年記念誌. p.133-137. 日本線虫研究会. つくば市.