

ネコブセンチュウの初期密度がオクラの生育および収量に及ぼす影響

赤木 功*・福丸瑛里紗・樗木直也

鹿児島大学農学部植物栄養・肥科学研究室 890-0065 鹿児島市郡元

Effect of Initial Population Density of Root-knot Nematode on Growth and Yield of Okra

AKAGI Isao*, FUKUMARU Erisa and CHISHAKI Naoya

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

Summary

Damage on okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) caused by root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) infection is a serious problem in Japan. In order to clarify the relationship between initial population density of root-knot nematodes and the degree of damage to growth and fruit yield of okra, we cultivated okra on soils with different levels of population density of root-knot nematodes and investigated its growth parameters and fruit yields. It was shown that the plant heights decreased with increase in levels of population density of root-knot nematodes. The relative values of plant heights to control plot (initial population density: 0 numbers/20 g soil) were 84.8–89.9%, 72.5–79.0%, and 75.6–78.1 % in the level I plot (6.3 numbers/20 g soil), level II plot (45.6 numbers/20 g soil), and level III plot (476 numbers/20 g soil), respectively. Moreover, the cumulative yields of okra fruits had the same tendency. The relative values of cumulative yield to control plot were 50.3–76.4%, 42.2–64.7%, and 20.4–42.5%, respectively. The cumulative yields were negatively correlated with the logarithmic values of cumulative yields, which suggested that the initial population density of root-knot nematodes can be an effective index for calculating the degree of decrease in fruits yields of okra.

Key Words: initial population density, okra (*Abelmoschus esculentus*), root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.)

キーワード：ネコブセンチュウ (*Meloidogyne* spp.), オクラ (*Abelmoschus esculentus*), 初期密度

緒言

江戸時代末期に我が国へ渡来したと考えられているオクラ (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) は、近年ではふだんの食卓にのぼる機会も多い緑黄色野菜として広く定着している。国内における栽培面積は579 ha (2000年) から837 ha (2018年) へと最近18年間において微増傾向にあり (農林水産省, 2000, 2018), 鹿児島県をはじめとする西南暖地の地域特産野菜の1つとして重要な品目となっている。

オクラの安定生産を行う上で問題となっている重要病害虫の一つとしてネコブセンチュウ (*Meloidogyne* spp.) が挙げられる (住田, 2004)。ネコブセンチュウの多くは多犯性であり、我が国で栽培されている数多くの園芸作物に寄生することが知られているが (吉田, 1992), オクラにおいても例外ではない。オクラにネコブセンチュウが寄生すると、ウリ科あるいはナス科果菜類などで見られる症状と同様に、根に多数のこぶが形成され、葉の黄化とともに地上部の生育が抑制される。被害が激

しい場合は、落葉や萎凋といった症状が現れ、枯死に至ることもある。また、ネコブセンチュウの寄生は土壤伝染性病害との複合病を引き起こす場合のあることが知られているが (平野, 1973; 佐藤, 2014), オクラにおいてもその寄生が苗立枯病などの土壤病害の発生を助長させている可能性も否定できない。

現在、オクラ栽培における土壤有害線虫の防除手段として、殺線虫効果を有する薬剤による栽培前の予防的な土壤処理が行われているが、被害の実態に即した適正な薬剤防除を行うためには、土壤有害線虫の発生程度 (発生密度) とオクラの被害程度との関係性について把握する必要がある。しかしながら、我が国において、これらに関して数量的に調査を行った事例は、わずかに山下ら (1984) の調査報告があるだけである。本研究では、ネコブセンチュウ密度の異なる土壤下でオクラの栽培試験を行うことで、栽培前の土壤中ネコブセンチュウ密度 (初期密度) がオクラの生育および収量に及ぼす影響について解析を試みた。

材料および方法

1. 供試土壤および土壤中ネコブセンチュウ密度の調査法

ネコブセンチュウによる被害が確認された鹿児島大学

2020年9月14日受付

2020年11月13日受理

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

農学部附属農場（鹿児島市）のオクラ栽培圃場からネコブセンチュウを含む土壌を採取した。これを市販培土と混合し、プラスチックコンテナに充填した後、ネコブセンチュウ感受性品種のミニトマト（品種‘ブリッツ’）を数ヶ月にわたって栽培した。このようにして、ネコブセンチュウの増殖および定着を図ったものをネコブセンチュウ汚染土壌（以下、汚染土壌）とした。なお、PCR-RFLP解析（岩堀，2010；植原，2014）によれば、この汚染土壌中に生息しているネコブセンチュウはサツマイモネコブセンチュウ（*M. incognita* (Kofoid and White) Chitwood）に判別されるものであった。一方、鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園（鹿児島市）の圃地から採取し、乾燥器内で24時間以上加熱処理（約80℃）することで線虫を死滅させた土壌を、ネコブセンチュウに汚染されていない土壌（以下、健全土壌）とした。この健全土壌については後述のベールマン法によってネコブセンチュウが分離されないことを確認した。栽培試験に供する土壌のネコブセンチュウ密度は、上記の汚染土壌および健全土壌をそれぞれ任意の割合で混和することで調整した。

土壌からの線虫の分離はベールマン法（土壌20 g、室温、46時間静置）で行った（佐野，2014）。分離した線虫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、その密度を求めた。この一連の土壌中のネコブセンチュウ密度の調査は2反復で行った。本報告では、ネコブセンチュウの土壌中密度を土壌20 gあたりの頭数（頭/20 g）として示した。

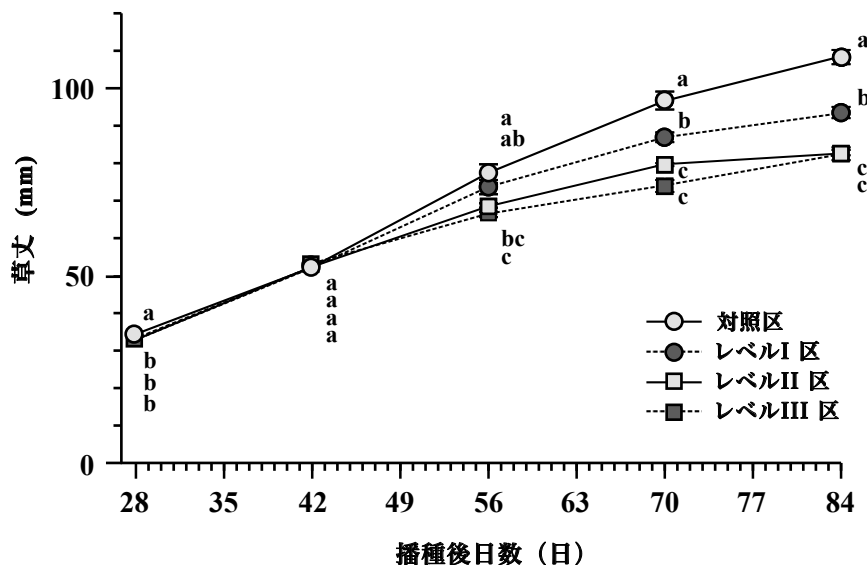
2. 栽培試験

2017年に鹿児島大学農学部附属農場内の網室で栽培試験を実施した。ネコブセンチュウ密度を調整した土壌をポリポット（直径30.5 cm、高さ30.5 cm、容積17.9 L）にそれぞれ12 kgずつ充填した。ここでは、ネコブセンチュウ密度の異なる4水準の試験区（対照区、レベルI区、

レベルII区およびレベルIII区）を設けた。いずれの試験区も4反復とした。各試験区のネコブセンチュウ密度（4反復の平均値±標準偏差）は、対照区が 0 ± 0 頭/20 g、レベルI区が 6.3 ± 1.4 頭/20 g、レベルII区が 45.6 ± 9.4 頭/20 g、レベルIII区が 476 ± 12 頭/20 gであった。基肥は硫安、苦土重焼リンおよび塩化カリを用いて、1ポット当たり $N:P_2O_5:K_2O = 1.2 g:2.2 g:0.7 g$ となるように施用した。追肥は、第1果収穫期以降、オクラの草勢を見ながら、1ポット当たり $N:K_2O = 0.6 g:0.6 g$ 相当量の硫安および塩化カリを3回に分けて施用した。6月22日にオクラ品種‘ブルースカイZ’を播種し、発芽が揃った後1株3本仕立てとした。灌水はポットの乾燥状態に応じて適宜行った。播種後28日目以降、14日間隔で草丈および茎径（子葉節の直上）を計測した。また、播種後56日目、70日目および84日目に葉緑素計SPADメータ（SPAD-502Plus、コニカミノルタ株式会社）を用いて、最上位葉から数えて5葉目の葉身中心部のSPAD値を測定した。8月4日以降、果実長が8 cm程度に達したものを目安に適宜収穫を行った。形状不良果および肥大不良果は摘果・除去した。栽培試験は9月14日（播種後84日目）まで実施した。植物体を丁寧に掘り上げた後、地上部を茎と葉に分け、それぞれ裁断し80℃で3日間乾燥させ乾物重を計量した。

結果および考察

試験期間（播種後28日目から84日目）における草丈の推移を第1図に示した。草丈は初期密度が高い試験区ほど低い傾向にあり、レベルII区およびIII区は播種後56日目以降、レベルI区は播種後70日目以降において、健全区との間に有意な差が認められた。また、播種後56日目頃より、レベルII区およびIII区のオクラは葉色の淡化が観察された。最上位葉から5枚目の葉のSPAD値の



第1図 試験期間におけるオクラの草丈の推移

図中の誤差線は標準誤差を示す。

各播種後日数の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す（Tukey HSD法、n=4）。

第1表 試験期間中における各試験区の葉の平均 SPAD 値

	播種後日数								
	56日		70日		84日				
対照区	42.3	± 2.5*	a	39.3	± 3.7	a	32.6	± 3.7	a
レベル I 区	40.9	± 1.3	a	37.3	± 2.0	a	32.0	± 2.9	a
レベル II 区	36.8	± 1.5	b	29.8	± 4.2	b	28.8	± 2.1	ab
レベル III 区	34.3	± 1.0	b	29.8	± 2.4	b	26.3	± 1.6	b

* 値は平均値±標準誤差
各播種後日数の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD 法, n=4)

第2表 試験終了時におけるオクラ地上部の生育状況

	草丈		節数		莖径	地上部乾物重			
	(cm)				(cm)	(g/株)			
対照区	108.3	± 3.2*	a	21.5	± 0.6	a	165.5	± 5.4	a
レベル I 区	93.5	± 2.6	b	19.8	± 0.9	ab	15.9	± 0.6	a
レベル II 区	82.5	± 3.0	c	18.0	± 1.2	b	13.8	± 0.7	b
レベル III 区	82.8	± 1.2	c	19.1	± 1.3	b	12.7	± 0.8	b

* 値は平均値±標準誤差
各項目の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD 法, n=4)

測定結果を第1表に示しているが、レベル III 区は播種後56日目、70日目および84日目、レベル II 区は播種後56日目および70日目において、健全区との間に有意な差が認められた。このことは、初期密度の高いレベル II 区および III 区は播種後56日目頃より、植物体内における窒素の栄養状態の低下が生じていると推察される。

試験終了時 (播種後84日目) におけるオクラの草丈、節数、莖径および地上部乾物重を第2表に示した。レベル I、II および III 区はいずれも対照区より草丈が有意に低く、対照区に対する相対値 (対照区の平均値に対する比率) はレベル I、II および III 区の順にそれぞれ84.8~89.9 (86.4) %、72.5~79.0 (76.2) % および75.6~78.1 (76.5) % であった (括弧内の数値は平均値)。地上部乾物重も、草丈と同様に、レベル I、II および III 区はいずれも対照区より有意に低く、対照区に対する相対値はそれぞれ54.8~69.0 (60.2) %、29.7~44.4 (35.0) % および24.4~33.6 (29.8) % であった (括弧内の数値は平均値)。また、初期密度の高いレベル II 区および III 区は節数および莖径においても対照区と有意差が認められ、生育が抑制されていることが示された。

試験終了時 (播種後84日目) における根の生育状態を第2図に示した。I 区、II 区および III 区はいずれもネコブセンチュウの寄生による根こぶの形成が認められ、大きな根こぶが連なり肥大した根が観察された。対照区は健全な白色の根がポット全体に広く発達していたのに対し、レベル II 区および III 区は根の腐敗が進行し、根長が短く、細根の量も少ない状態であった。

試験期間 (播種後49日目から84日目) におけるオクラ果実の累積収量の推移を第3図に示した。果実の累積収量は初期密度が高い試験区ほど低く推移し、レベル III 区は播種後63日目以降 (収穫開始後21日目)、レベル II 区は播種後70日目以降 (収穫開始後28日目)、レベル I 区は播種後84日目 (収穫開始後42日目) において、健全区との間に有意な差が認められた。

試験終了時 (播種後84日目) における累積収量の対照区に対する相対値は、レベル I 区、レベル II 区およびレベル III 区の順に、それぞれ50.3~76.4 (67.4) %、42.2~64.7 (51.9) % および20.4~42.5 (34.9) % であり、ネコブセンチュウの初期密度が高い試験区ほど低い傾向にあった。ネコブセンチュウの初期密度 (対数値) と栽培終了時 (播種後84日目) におけるオクラ果実の累積収量との関係を第4図に示したが、両者の間には明瞭な負の相関が認められた。このような関係性は、初期密度、すなわち栽培前の土壤中ネコブセンチュウ密度が、オクラの果実収量の減収程度を予想する上での有効な指標となる可能性があることを示唆している。

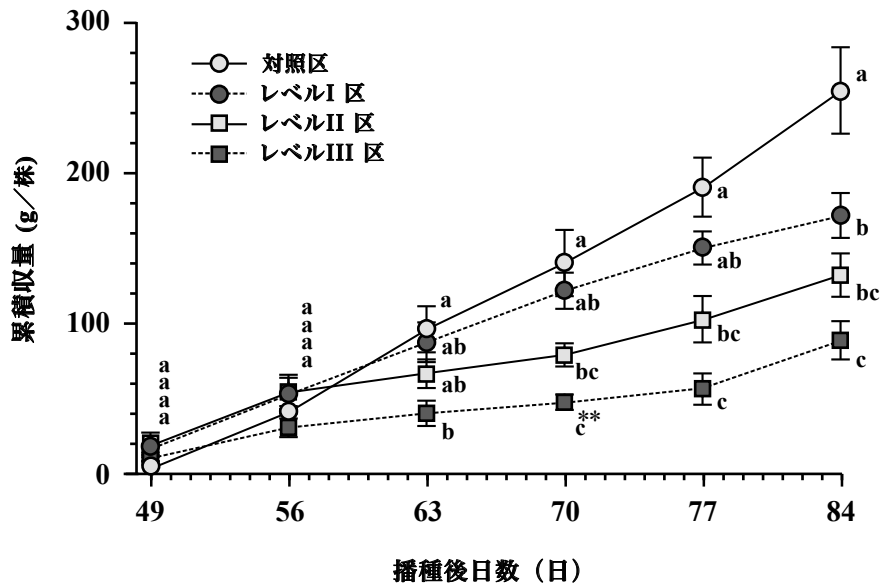
露地圃場において調査を行った山下ら (1984) の報告によれば、ネコブセンチュウの初期密度がバールマン法で10頭/50 g (4頭/20 gに相当) 以上の場合、オクラは生育初期の段階から生育や収量に影響が現れると述べられている。ここで、ネコブセンチュウの初期密度が4頭/20 g の場合について、以上に示した初期密度と果実の累積収量との関係 (第4図) を基に見積もれば、オクラ果実の収量は対照区と比較して13%程度の減収が生じると推定される。なお、本研究で得られた結果は収穫開始後1ヶ月間程度の調査によるものである。一般的に数ヶ月にわたって栽培・収穫が行われる実際のオクラの営利栽培では、この推定よりも果実収量の減収率はさらに大きくなると予想される。

土壌有害線虫について、防除判断の指標とされる要防除水準が設定されている事例はまだ少ない状況にあるが、北海道ではサツマイモネコブセンチュウによるトマトおよびキュウリの被害、キタネコブセンチュウ (*Meloidogyne hapla* Chitwood) によるニンジンおよびゴボウの被害について、当該線虫の栽培前の土壤中密度 (初期密度) を基にした要防除水準が設定されている (日本植物防疫協会, 2019)。これによれば、前者が定植時において2頭/25 g 以上、後者が播種時において2~3



第2図 試験終了時におけるオクラの根の生育状況

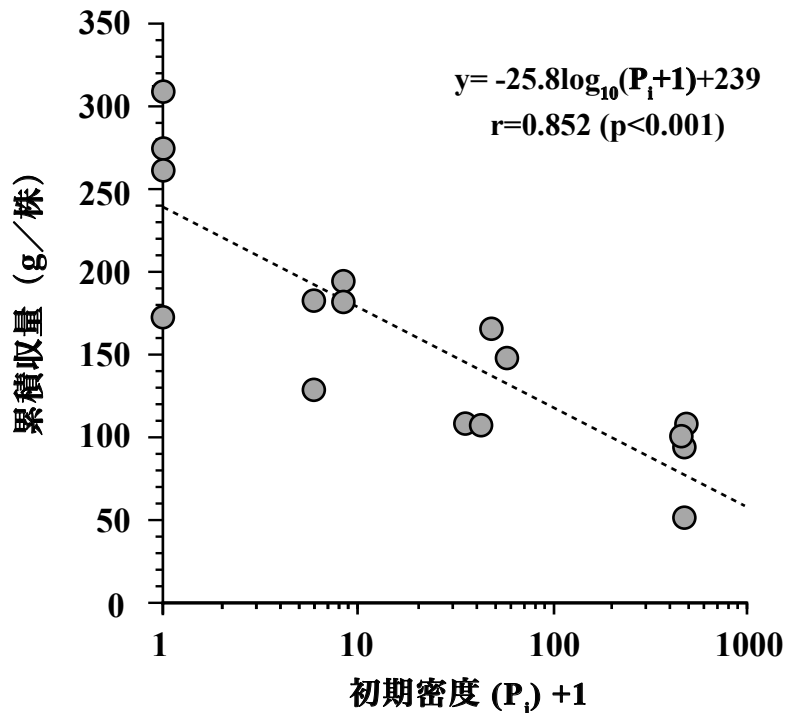
図の右から対照区, レベルI区, レベルII区およびレベルIII区.



第3図 試験期間におけるオクラ果実の累積収量の推移

図中の誤差線は標準誤差を示す.

各播種後日数の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD 法, n=4).



第4図 ネコブセンチュウの初期密度とオクラ果実の累積収量との関係

頭/25 g 以上 (いずれもベールマン法による分離) とされている。要防除水準を設定するにあたっては作物の被害許容水準をどの程度にすべきか慎重な検討が必要であるが、本研究の結果を見る限りにおいては、これらと同程度の厳しい水準が求められるのではないかと予想される。

ただし、当然ながら、ネコブセンチュウの初期密度とオクラの果実収量との関係はさまざまな栽培環境要因、耕種的要因などにより変動すると考えられる。例えば、栽培土壌のタイプ (土壌型) によって、オクラのネコブセンチュウによる被害の程度に違いがあることが外間 (1998) によって報告されている。また、国内における研究事例ではないが、オクラ品種間でネコブセンチュウに対する抵抗性に違いがあることも報告されている (Hussain ら, 2016; Mukhtar ら, 2017)。信頼性のある、実用的な要防除水準を策定するためには、対象地域の実態を考慮した調査等によるデータのさらなる蓄積が必要である。

要約

我が国のオクラ栽培において、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。本研究では、ネコブセンチュウ密度の異なる土壌でオクラを栽培し、その生育経過および果実収量を調査することで、ネコブセンチュウの初期密度とオクラの生育および果実収量との関係性について解析を試みた。オクラの草丈は初期密度が高い試験区ほど低下する傾向にあった。草丈について対照区 (初期密度: 0 頭/20 g) に対する相対値で示すと、レベル I 区 (初期密度: 6.3 頭/20 g)、レベル II 区 (初

期密度: 45.6 頭/20 g) およびレベル III 区 (初期密度: 476 頭/20 g) の順にそれぞれ 84.8~89.9%, 72.5~79.0% および 75.6~78.1% であった。また、オクラ果実の累積収量も同様の傾向にありつた。対照区に対する相対値はレベル I, II および III 区の順にそれぞれ 50.3~76.4%, 42.2~64.7% および 20.4~42.5% であり、初期密度 (対数值) と累積収量の間には明瞭な負の相関が認められた。このことは、ネコブセンチュウの初期密度はオクラの果実収量の減収程度を予測する上での有効な指標となることを示唆している。

引用文献

- 平野和弥. 1973. 線虫と他の微生物による複合病の諸問題. 日線虫研誌. 3: 1-8.
- 外間数男. 1998. サツマイモネコブセンチュウによるオクラの被害と土壌との関係. 九州病虫研報. 44: 95-100.
- Hussain, M. A., T. Mukhtar and M. Z. Kayani. 2016. Reproduction of *Meloidogyne incognita* on resistant and susceptible okra cultivars. Pak. J. Agri. Sci. 53: 371-375.
- 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学的分布. 植物防疫. 64: 239-246.
- Mukhtar, T., M. A. Hussain, M. Z. Kayani. 2017. Yield responses of 12 okra cultivars to southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). Bragantia 76: 108-112.
- 日本植物防疫協会. 2019. 都道府県が設定している要防除水準 (野菜). [Online] http://www.jpnpn.ne.jp/jpp/boutecq/bojosuijun_data/yasai.pdf. (2020年9月閲覧)

- 農林水産省. 2000. 地域特産野菜生産状況調査 / 確報 平成12年産地域特産野菜生産状況. [Online] http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_yasai/. (2020年9月閲覧)
- 農林水産省. 2018. 地域特産野菜生産状況調査 / 確報 平成30年産地域特産野菜生産状況. [Online] http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_yasai/. (2020年9月閲覧)
- 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.
- 佐藤恵利華. 2014. 植物寄生性線虫と土壌伝染性病害の複合病. 土と微生物. 68: 21-26.
- 住田 敦. 2004. オクラ栽培の基礎. p.323-336. 野菜園芸大百科 第2版 7ピーマン・生食用トウモロコシ・オクラ. 農文協. 東京.
- 植原健人. 2014. RCR-RFLP法(及び種特異的プライマー)による同定法. p.60-65. 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.
- 山下 泉・堀内崇裕・井上 孝. 1984. 露地オクラにおける病害虫の発消長およびサツマイモネコブセンチュウによる被害の解析. 四国植防. 19: 67-76.
- 吉田睦浩. 1992. サツマイモネコブセンチュウ. p.133-137. 中園和俊編. 線虫研究の歩み—日本線虫研究会創立20周年記念誌. 日本線虫研究会. つくば.