

千葉県のネギ圃場におけるネコブセンチュウ類の発生実態及び土壤消毒と緑肥を組み合わせた防除体系の実証

中村耕士・大井田 寛*1・横山とも子・鈴木健司・福地信彦*2

キーワード：ネギ，ネコブセンチュウ，緑肥

I 緒 言

千葉県においてネギは主要な露地野菜の品目の一つであり、2019年の出荷量が58,200tと全国第1位である（農林水産省,2021）。しかし、2011年頃からネギの産地の一つである山武地域を中心として、夏期に茎葉部の湾曲症状（以下、湾曲症状とする）を伴う生育不良が発生して問題となっている（写真1）。湾曲症状が発生した株の根にネコブセンチュウ類（以下、ネコブセンチュウとする）の寄生が確認されたことから本種群による被害が疑われた。2012年にJA山武郡市園芸部と山武農業事務所が生産者へアンケートを実施したところ、約3割の生産者が自身の圃場で湾曲症状の発生を認めているものの、詳細な実態は不明であった。



写真1 現地発生した茎葉部の湾曲症状
(2015年8月27日横芝光町)

ネコブセンチュウの防除として土壤消毒が推奨されているが、本県ネギ産地ではこれまで慣行的には土壤消毒が行われておらず、生産者にとって作付け圃場の全てに処理するのは、経済的にも労力的にも負担が大きい。

そこで、対抗植物の導入など農薬のみに依存しない防除法の確立が必要である。

千葉県と同様にネコブセンチュウの被害が問題となっている鳥取県では、白岩ら（2007）が、土壤消毒の回数を減じたネコブセンチュウの防除として、クロルピクリンとD-D剤を用いて土壤消毒し、1~2作目をネギ、3作目にクロタラリア（*Crotalaria spectabilis*）を栽培、4作目に再びネギを栽培することによる土壤消毒剤と対抗植物を組み合わせた4年サイクルの栽培体系を検討し、土壤消毒回数を減らすことが可能であることを明らかにした。さらに、ネコブセンチュウの寄生によりネギ萎凋病の発病が助長される可能性を示唆した（白岩ら、2005）。また、ネギ萎凋病が苗床で発生した場合、湾曲症状が発生することから（竹内・児玉、2005）、本県ではネギ萎凋病の発生も疑われる。

このため、クロルピクリン剤を含む土壤消毒剤による防除が望ましいと考えられるものの、処理後の被覆が必須であること、クロタラリア（*C. spectabilis*）は、すき込み時期が遅くなった場合、茎が硬化して専用の作業機を要することから本県ではこの方法が普及しにくい可能性がある。

そこで、本県のネギの生産安定を実現するため、ネギ産地におけるネコブセンチュウの発生実態を明らかにするとともに、殺線虫効果が高いD-D剤を用いた後、ネギを2連作し、3作目に緑肥としてネコブセンチュウの対抗植物であるギニアグラスと土壤病害の抑制効果が期待できるカラシナを用いた輪作体系による防除の実証を試みた。また、対抗植物としてエンバクを用い春まき栽培でのネコブセンチュウ密度低減効果を検討した。

II 材料及び方法

1. 千葉県内の主要ネギ産地におけるネコブセンチュウの発生実態調査（調査1）

山武地域の山武市及び横芝光町と海匝地域の匝瑳市の計16圃場で（第1表）、ネギの湾曲症状の有無とネコブセンチュウの密度を調査した。調査は、1回目を2014年8月21~22日（No.14圃場のみ9月10日）、2回目を9月29~30日の2時期に行った。また、当該圃場の前年

2022年6月16日受領 (Received June 16, 2022)

2022年11月15日登載決定 (Accepted November 15, 2022)

*1 現 法政大学生命科学部

*2 現 (公財)園芸植物育種研究所

*3 本報告の概要は、2015年3月26~28日の第59回日本応用動物昆虫学会大会及び2020年2月28日（みなし開催）の関東東山病害虫研究会第67回研究発表会において発表した。

の湾曲症状の有無及び線虫防除の実施状況について聞き取った。湾曲症状の有無は、調査圃場全体の達観調査により判定した。ネコブセンチュウの密度は、線虫スコップ（(株)藤原製作所）を用いてネギ株元から5cm程度離れた地点の地表面から深さ20cmまでの土壌を圃場内の相互に十分離れた5か所から採取して均一に混合し、ベルマン法（生土20g、25℃、72時間、2反復）で線虫類を分離し、正立顕微鏡下でネコブセンチュウの2期幼虫を計測した。2回目の調査で30頭以上のネコブセンチュウが検出された土壌では、再びベルマン法を用いてネコブセンチュウを回収し、ネコブセンチュウ種同定のためPCR-RFLP法（Powers and Harris, 1993）により個体ごとに種を同定した。

2. 土壌消毒と緑肥を組み合わせた秋冬ネギのネコブセンチュウの防除（調査2）

2014年に千葉県農林総合研究センター内野菜研究室ハウスからネコブセンチュウのゴールが形成されたキュウリの根を採取し、同センター内露地圃場（普通腐植質黒ボク土）に散布した。その後、ハウセンカとソバを栽培して、ネコブセンチュウ汚染圃場を作製した。2015年5月11日に圃場全面にD-D剤（1.3-ジクロロプロペン97%）を20L/10a処理して土壌消毒した後、2015～2018年に秋冬ネギ及び緑肥を栽培した。試験区は第1図に示したネギ連作区（秋冬ネギを毎年栽培）、夏秋まき緑肥区（3年目のみ6～8月にギニアグラスを、11～4月にカラシナを栽培し、1、2及び4年目は秋冬ネギを栽培）、春まき緑肥+

第1表 秋冬どり現地ネギ圃場におけるネコブセンチュウの被害発生状況及び土壌中の線虫密度

地域	圃場 No.	土壌	1回目 (8月21～22日)		2回目 (9月29～30日)		前年 被害	線虫 防除
			湾曲 症状	ネコブセン チュウ密度 (頭/生土20g)	湾曲 症状	ネコブセン チュウ密度 (頭/生土20g)		
山武市	1	褐色低地土	無	0	無	0	無	ディ
	2	褐色低地土	無	1	無	35	無	無
	3	褐色低地土	無	0	無	0	無	無
	4	褐色低地土	無	0	無	0	有	ディ
	5	褐色低地土	無	1	無	0	有	バス
	6	褐色低地土	無	0	無	0	有	DD
	7	褐色低地土	無	4	無	0	有	ラグ
	8	褐色低地土	無	4	無	1	有	DD
	9	褐色低地土	無	14	無	0	無	無
	10	褐色低地土	無	0	無	116	有	ラグ
	11	黒ボク土	有	14	有	143	有	ディ
横芝光 町	12	褐色低地土	無	1	無	0	無	無
	13	褐色低地土	無	0	無	1	無	無
	14	褐色低地土	有	45	有	50	無	無
匝瑳市	15	褐色低地土	無	0	無	0	有	無
	16	褐色低地土	無	3	無	49	有	無

注1) 防除 ディ：メチルイソシアネート・D-D油剤 バス：ダゾメット微粒剤 DD：D-D剤
ラグ：カズサホスマイクロカプセル粒剤
2) No.14圃場のみ1回目を9月10日に調査した。

試験区	2015年度				2016年度				2017年度				2018年度			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
ネギ連作	土 壌 消 毒	ネギ				/	ネギ				ネギ					
夏秋まき緑肥											ネギ					
春まき緑肥+D-D		/				エン バク	/				エン バク	ネギ		土 壌 消 毒		

第1図 ネギと緑肥を組み合わせた各試験区の輪作体系
注) 斜線部分は作付がないことを示す。

D-D区（秋冬ネギを毎年栽培し，2年目及び3年目の春にエンバクを栽培，4年目のみ4月にD-D剤を処理）の3区を各3反復で設けた．1区の大きさは26.4m²（3.3m×8m）とし，2015年はネギを全面栽培し，2016年以降は各試験区の境界に，畝に対して直角方向に幅2mの通路を設置し，平行方向に高さ45cmの畦畔板を深さ20cmに埋設した（第2図）．

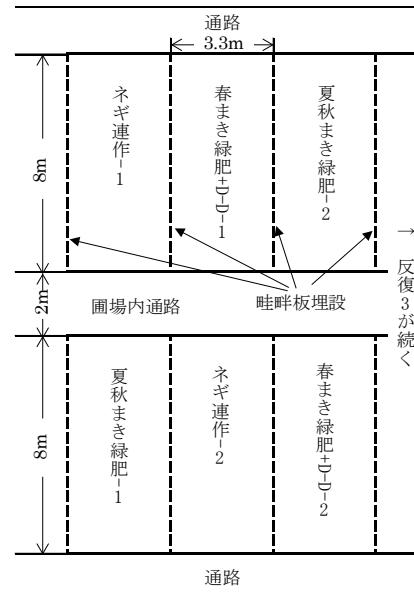
(1) 秋冬ネギ及び緑肥の栽培

秋冬ネギは「龍ひかり2号」（横浜植木(株)）を用いチェーンポットCP-303（日本甜菜製糖(株)）に育苗培養土（げんきくんネギ培土，片倉コープアグリ(株)）を詰め，各セルに2粒播種しガラス室で育苗した後，畝間90cm，深さ10cmに掘った溝に定植した．各区3畝，畝の長さは8mとした．施肥は，慣行に準じて10a当たり施肥成分量を窒素14～18kg，リン酸18～27kg，加里11～14kgとした．いずれの年度とも基肥として施肥窒素成分量で5kg/10aを溝施用し，残りを中耕及び土寄せ時に追肥した．年度ごとの播種，定植，中耕，土寄せ及び止め土の実施日を第2表に示した．各区とも収穫調査後，3月中旬までにネギを撤去し次作の定植まで裸地とした．他の試験区のネコブセンチュウの影響を小さくするため，各種圃場作業は直近の土壤中のネコブセンチュウ密度が低い試験区から先に実施した．

夏まき，秋まき，春まきの各緑肥作物にはネコブセンチュウの対抗植物を用い，栽培前にそれぞれ10a当たり施肥成分量で窒素5kg，リン酸6kg，加里4kgを施用した．

夏まき緑肥のギニアグラスに，「ソイルクリーン」（雪印種苗(株)）を用い，2017年6月2日に条間35cmで0.5kg/10aをすじ播きし，8月18日にすき込んだ．秋まき緑肥のカラシナは，「辛神」（雪印種苗(株)）を用い，2017年11月7日に条間35cmで0.5kg/10aをすじ播きし，2018年4月17日にすき込んだ．すき込んだ植物体の地上部重量は，ギニアグラスが4.1t/10a，カラシナが2.5t/10aである．

春まき緑肥のエンバクは，「スナイパー」（雪印種苗(株)）を用い，条間35cmに10kg/10aをすじ播きした．播種及びすき込みを2016年は4月21日及び6月27日，2017年は4月26日及び6月29日に行った．なお，両年ともすき込みまでの期間に出穂したため，すき込み前に穂を2回刈り取った．すき込んだ植物体の地上部重量は，2016年は未調査，2017年が0.5t/10aである．



第2図 試験区の配置
注) 2反復分を示した．

(2) 試験期間中のネコブセンチュウの密度

2015～2018年の4か年の各作物の栽培前及び栽培中に調査1と同様の方法で計測した．土壌採取地点は，試験区内の相互に十分距離のある5か所として，土寄せが進んで株元から採取できない場合は畝側面とし，緑肥栽培期間中は条間とした．裸地の場合も同様に試験区内の5か所から土壌を採取した．

(3) 生育期間中の湾曲症状，根こぶ指数及び茎盤部の褐変

2017年及び2018年には試験区の一部で湾曲症状が発生したことから，湾曲症状の発生程度と生育を調査した．また，2017年の収穫時に土壌病害が原因と考えられる茎盤部の褐変が確認されたことから，2018年は，併せて茎盤部の褐変程度も調査した．湾曲症状の発生程度は2017年9月8日，2018年8月3日，8月31日及び9月26日に，達観で0：正常，1：試験区内の1/4未満の株で葉に湾曲症状が発生，2：1/4未満の株で葉身と葉鞘に湾曲症状が発生，3：1/4以上の株で葉身と葉鞘に湾曲症状が発生，の4段階で評価した．また，試験区中央畝から生育が中庸な株を，2017年は9月20日に12株，2018年は8月31日に8株掘り取り，草丈，葉鞘径及び根こぶ指数を調査した．根こぶ指数は，白岩ら（2004）を参考にして株ごとに根こぶ程度

第2表 試験年度のネギの播種，定植，土寄せ日

年度	播種 (月/日)	定植 (月/日)	中耕 (月/日)	土寄せ (月/日)	止め土 (月/日)
2015	4/20	6/11	9/24	10/7,10/13,10/20,10/27	11/6
2016	5/9	7/5	9/2	9/28,10/7,10/14,10/20,10/28	11/4
2017	5/15	7/6	8/30	9/22,10/2,10/12,11/10	11/15
2018	5/7	6/26	8/24	9/12,10/10,10/25	11/1

を0:根こぶの形成を全く認めない, 1:わずかに認める, 2:形成が中程度, 3:形成が多い, 4:形成が極めて多いの5段階で評価して次式で算出した。

根こぶ指数 = Σ (根こぶ程度 × 程度別株数) ÷ (4 × 全調査株数) × 100

2018年は, 上記の調査を行った8株について茎盤部の褐変程度も調査した。褐変程度は, 茎盤部の縦半分の切断面で褐変部が占める面積を0:なし, 1:1/4未満2:1/4以上1/2未満, 3:1/2以上の4段階で評価し, 平均を示した。

(4) 根へのネコブセンチュウの寄生及び茎盤部の *Fusarium* 属菌の感染

2018年10月23日にネギ連作区のうち発生程度が高い1反復を選び, 湾曲症状の発生程度が低い1畝(発生程度1)と高い1畝(発生程度3)から, それぞれ10株ずつ無作為に選び, 根こぶ着生状況を観察しネコブセンチュウの寄生の有無及び茎盤部縦切断面の褐変の有無を調べた。さらに, 褐変の原因を推定するため, 茎盤部の *Fusarium* 属菌の感染の有無を調査した。 *Fusarium* 属菌の感染は, 茎盤部の切片を流水洗浄し, 5%次亜塩素酸ナトリウム水溶液及び70%エタノール水溶液で表面を滅菌後, WA培地とPDA培地を用いて分離した単菌糸を分生子の形状から同定し, その有無を決定した。

(5) ネコブセンチュウ種の同定

(4)の調査株のうち湾曲程度が低い畝の2株, 高い畝の5株の根からそれぞれ1頭ずつ雌成虫を採取し調査1と同様の方法で種を同定した。

(6) 収穫時の生育及び収量

軟白長が概ね 27cm 以上確保できた時点で, 各試験区とも畝の長さ 1m 分 (2016 年のみ 2m 分) を掘り取り, 収穫日における葉鞘長, 葉鞘径, 調製重及び曲がりの有無を記録した。調査は, 2015 年度が 12 月 17 日, 2016 年度が 12 月 13 日, 2017 年度が 1 月 25 日, 2018 年度が 11 月 28 日に行った。千葉県の出荷基準に合わせて, 葉を 3 枚残して外葉を剥き全長 56cm で葉と根を切断したのち, 葉鞘長 (基部から葉の分岐点までの長さ), 葉鞘径 (葉鞘中央部の太さ), 調製重量を測定した。曲がりの有無は葉鞘部の曲がり幅が 2cm 以上を曲がり規格としてその本数を数えた。調査株のうち, 生育が中庸な株を 2017 年は 20 株, 2018 年は 15 株選び, 根こぶ指数及び茎盤部の褐変程度を(4)と同様に調査した。

Ⅲ 結 果

1. 千葉県内の主要ネギ産地におけるネコブセンチュウの発生実態調査

調査結果を第1表に示した。1回目(8月21~22日, No.14圃場のみ9月10日)及び2回目(9月29~30日)に調査し

た16圃場のうちいずれかでネコブセンチュウが検出されたのは11圃場であった。そのうち, 前年にネコブセンチュウの被害があったのは6圃場で, No.16を除いて土壤消毒又は粒剤による防除が行われていた。湾曲症状が確認されたのはいずれの調査でも山武市のNo.11と横芝光町のNo.14の2圃場で, 2回目調査時のネコブセンチュウ密度はそれぞれ143頭及び50頭/生土20gであった。高密度であった5圃場からはサツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita*) とアレナリアネコブセンチュウ (*M.arenaria*) の2種が検出され, そのうち, 前者のみが検出された圃場は1圃場, 後者のみは2圃場, 両者が検出されたのは2圃場であった(第3表)。

第3表 調査圃場のネコブセンチュウ種

地域	圃場 No.	調査 個体数 (頭)	ネコブセンチュウ種	
			サツマイモ (頭)	アレナリア (頭)
山武市	2	5	0	5
	10	11	9	2
	11	12	12	0
横芝光町	14	20	13	7
匝瑳市	16	15	0	15

注1) PCR-RFLP法によりネコブセンチュウ種を同定した。

2) サツマイモはサツマイモネコブセンチュウを

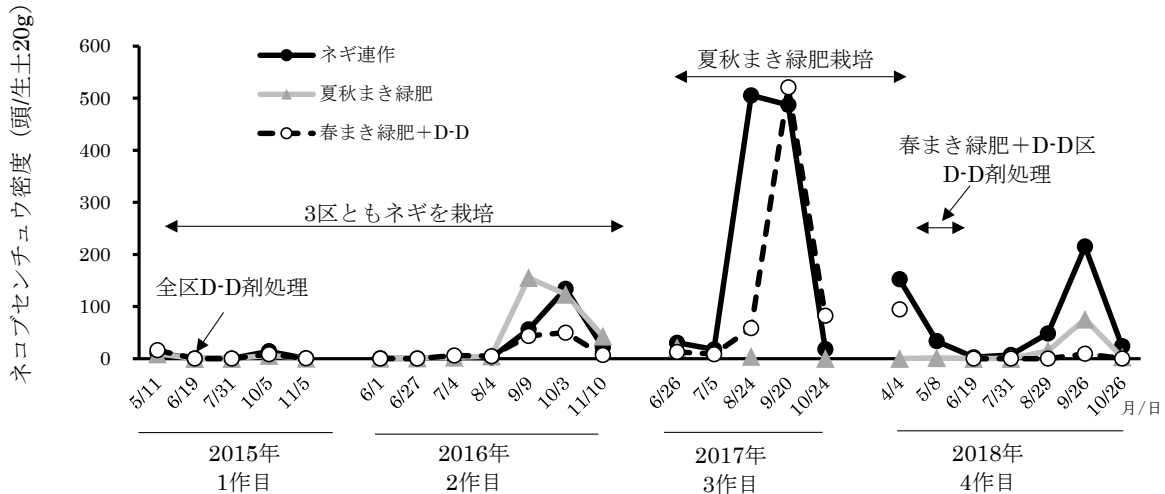
アレナリアはアレナリアネコブセンチュウを示す。

3) 圃場No.は第1表と同じである。

2. 土壤消毒と緑肥を組み合わせた秋冬ネギのネコブセンチュウ防除

(1) ネコブセンチュウの密度の推移及び種類

試験圃場における2015~2018年のネコブセンチュウの密度の推移を第3図に示した。ネギ1作目の2015年は土壤消毒前の5月11日が9.0~16.0頭/生土20gで, ネギ栽培期間は0.0~18.0頭/生土20gであった。2作目の2016年は6~8月が0.2~6.2頭/生土20gと低く推移し試験区間の差は小さかったが, 9~10月は試験区により傾向が異なり, 10月3日では春まき緑肥+D-D区が49.8頭/生土20gと, 他の試験区の123.3~134.0頭/生土20gに比べて低かった。2017年は, 緑肥として対抗植物を栽培した夏秋まき緑肥区で8月24日が3.8頭/生土20gと低く, その後カラシナすき込み後の翌年4月まで低く推移した。ネギ連作区は8月24日で505.3頭/生土20gと高かった。また, 9月20日には春まき緑肥+D-D区も520.7頭/生土20gと高かった。2018年はネギ連作区及び春まき緑肥+D-D区が4月4日にそれぞれ, 152頭/生土20g及び94頭/生土20gとやや高く, 夏秋まき緑肥区では検出されなかった。定植直前の6月19日にはネギ連作区で3頭/生土20gとわずかに検出され, 他の区では検出されなかった。しかし, ネギ連作区及び夏秋まき緑肥区で8月以降に密度が高まり, 9月26日はネギ連作区が215.0頭/生土20gと最も高く, 次いで夏秋まき緑肥区



第3図 輪作体系の違いによるネギ圃場のネコブセンチュウ密度の推移

の75.7頭/生土20g、春まき緑肥+D-D区の9.3頭/生土20gの順であった。

(2) 生育期間中の湾曲症状，根こぶ指数及び茎盤部の褐変

2017年度及び2018年度の達観調査による湾曲症状の発生程度を第4表に示した。2017年9月8日にはネギ連作区及び春まき緑肥+D-D区の両区で湾曲症状が発生したが，その程度はネギ連作区が1.0，春まき緑肥+D-D区が0.3といずれも低かった。2018年度は，8月3日及び8月31日まではネギ連作区のみ発生が認められた。9月26日にはネギ連作区の発生程度が2.3と高まり，発生程度が最も高い反復では，畝により発生程度に著しい差が見られた(写真2)。一方，夏秋まき緑肥区では9月26日に初めて発生が認められたものの発生程度は0.7と低く，春まき緑肥+D-D区では発生がなかった。

2017年9月20日と2018年8月31日の生育調査の結果を第5表に示した。2017年9月20日はネギ連作区が葉鞘径10.2mm，地上部重量34gで春まき緑肥+D-D区の9.3mm及び27gに比べてやや生育量が多かったものの有意な差は認められなかった。根こぶ指数は，ネギ連作区が31とやや高かった。2018年8月31日は，夏秋まき緑肥区の葉鞘

径が11.0mm，地上部重量は34gで，他の2区に比べて有意に大きかった。根こぶ指数はネギ連作区が22とやや高く，夏秋まき緑肥区で8と低かった。茎盤部の褐変は，ネギ連作区及び夏秋まき緑肥区で認められ，春まき緑肥+D-D区では認められなかった。

(3) 茎盤部のFusarium属菌の感染

2018年のネギ連作区で湾曲症状の発生程度が高かった畝(発生程度3)と低かった畝(発生程度1)におけるネギの生育，ネコブセンチュウの寄生及びFusarium属菌の感染状況を第6表に示した。湾曲症状の発生程度が高い畝は，低い畝に比べて葉鞘径が有意に細かったものの，両畝のほとんどの株でネコブセンチュウの寄生が見られ，根こぶ指数は同じであった。茎盤部の褐変株率は，湾曲症状の発生程度が高い畝が高く，発生程度が低い畝では認められなかった。両畝とも茎盤部からFusarium属菌が分離された。Fusarium属菌とネコブセンチュウの重複感染株率に有意差は認められなかったものの，湾曲症状の発生程度が高かった畝では50%と高かった。採取した

第4表 試験区における達観調査による湾曲症状の発生程度

試験区	2017年		2018年	
	9月8日	8月3日	8月31日	9月26日
ネギ連作	1.0	1.0	1.0	2.3
夏秋まき緑肥	—	0.0	0.0	0.7
春まき緑肥+D-D	0.3	0.0	0.0	0.0

注1) 湾曲症状の発生程度は以下の基準で判定した。
 0: 正常 1: 試験区内の1/4未満の株で葉に湾曲症状が発生
 2: 1/4未満の株で葉身と葉鞘に湾曲症状が発生
 3: 1/4以上の株で葉身と葉鞘に湾曲症状が発生
 2) —は未調査を示す。
 3) 3反復の平均を示す。



写真2 ネギ連作区の畝による湾曲症状発生の違い(2018年9月4日，場内)写真手前が程度高，奥が低

第5表 輪作体系の違いがネギの生育に及ぼす影響

年度	調査 (月/日)	試験区	全長 (cm)	葉鞘径 (mm)	根こぶ 指数	地上部 重量 (g)	茎盤部 褐変程度
2017	9/20	ネギ連作	58	10.2	31	34	-
		夏秋まき緑肥	-	-	-	-	-
		春まき緑肥+D-D	55	9.3	25	27	-
		分散分析	n.s.	n.s.		n.s.	
2018	8/31	ネギ連作	51 a	8.1 a	22	18 a	0.4
		夏秋まき緑肥	60 b	11.0 b	8	34 b	0.1
		春まき緑肥+D-D	51 a	8.4 a	15	18 a	0.0
		分散分析	*	*		**	

注1) 各区とも2017年は12株、2018年は8株ずつ調査した。

- 2) 葉鞘径は基部から葉の分岐点の中間を測定した。
- 3) 根こぶ指数は1株ごとに根こぶ程度を0：根こぶの形成を全く認めない 1：わずかに認める 2：形成が中程度 3：形成が多い 4：根こぶの形成が極めて多いの5段階で評価して次式で算出した。
根こぶ指数=Σ(根こぶ程度×発生程度別株数)÷(4×全調査株数)×100
- 4) 茎盤部褐変程度は1株ごとに茎盤部に褐変部位の面積が占める割合を次の4段階で評価して平均を示した。
0：なし 1：1/4未満が褐変 2：1/4以上1/2未満が褐変 3：1/2以上が褐変
- 5) 分散分析において*は5%水準、**は1%水準で有意差あり、n.s.は有意差なし(P>0.05)。
- 6) 同一の英小文字間に有意差なし(TukeyのHSD検定、P>0.05)。

第6表 ネギ連作区の湾曲症状発生程度とネギの生育、ネコブセンチュウ及びFusarium属菌の寄生又は感染状況

湾曲 症状 発生 程度	葉鞘径 (mm)	ネコブ センチュウ 寄生株率 (%)	根こぶ 指数	茎盤部 褐変株率 (%)	ネコブセンチュウ 及びFusarium属菌の 重複感染株率 (%)	ネコブ センチュウ種
3	7.6	100	25	80	50	サツマイモ
1	13.1	90	25	0	20	サツマイモ
有意性	**	n.s.		**	n.s.	

注1) 2018年10月23日に各畝の生育が中庸な10株を調査した。

- 2) 第4表注1)と同じ。
- 3) 第5表注2)と同じ。
- 4) ネコブセンチュウ種は、健全畝から2頭、湾曲症状発生畝から5頭のネコブセンチュウ類雌成虫を選びPCR-RFLPにより種を同定した。
- 5) サツマイモはサツマイモネコブセンチュウを示す。
- 6) **は1%水準で有意差あり(t検定または尤度比検定)、n.s.は有意差なし(P>0.05)。

第7表 輪作体系によるネギの収穫時の生育、収量及び根こぶ指数の違い

試験 年度	収穫日 (月/日)	試験区	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	調製重 (g)	収穫株数 (本/m ²)	曲がり 株率 (%)	茎盤部 褐変程度	根こぶ 指数	可販収量 (t/10a)
2015	12/17	ネギ連作	42	15.0	104	43	23	-	-	4.5
		夏秋まき緑肥	43	15.4	107	39	34	-	-	4.1
		春まき緑肥+D-D	43	15.5	113	41	29	-	-	4.6
		分散分析	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.			n.s.
2016	12/13	ネギ連作	42	16.6	114	42	26	-	-	4.8
		夏秋まき緑肥	41	16.5	125	41	23	-	-	5.1
		春まき緑肥+D-D	42	17.3	125	44	26	-	-	5.4
		分散分析	n.s.	n.s.	n.s.					n.s.
2017	1/25	ネギ連作	38	15.7	84	41	31	0.7	60	3.5
		春まき緑肥+D-D	35	14.0	69	44	33	0.8	58	3.0
		分散分析	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.			n.s.
2018	11/28	ネギ連作	33	12.0 b	64 b	38	47	1.7	47	2.2
		夏秋まき緑肥	40	15.7 a	115 a	37	36	0.1	49	4.2
		春まき緑肥+D-D	40	15.1 a	104 a	42	47	0.0	26	4.4
		分散分析	n.s.	*	**		n.s.			n.s.

注1) 2015年、2017年、2018年、は畝の長さ1m、2016年は2m分を掘り取り調査した。

- 2) 葉3枚を残して外葉を剥き、全長56cmになるよう根と葉を切断した後、葉鞘長は基部から葉の分岐点まで、葉鞘径は葉鞘中央部を測定し重量を調製重とした。
- 3) 曲がり株率は、調査株のうち葉鞘部の曲がり幅が2cm以上の曲がり規格株の割合。
- 4) 根こぶ指数と茎盤部褐変程度は、収穫物から生育が中庸な株を2017年は20株、2018年は15株を選んで調査した。
- 5) 根こぶ指数と茎盤部褐変程度は、第5表注3)、4)と同じ。
- 6) 分散分析において*は5%水準、**は1%水準で有意差あり、n.s.は有意差なし(P>0.05)。
- 7) 同一の英小文字間に有意差なし(TukeyのHSD検定、P>0.05)。
- 8) 曲がり株率は、角変後の値を統計処理した。

ネコブセンチュウの雌成虫はすべてサツマイモネコブセンチュウであった。

(4) 収穫時のネギの生育及び収量

年度別のネギの収穫時の生育及び収量を第7表に示した。2015年度では、葉鞘径が15.0～15.5mm、調製重が104～113g、可販収量は4.1～4.6t/10aと試験区による差は小さかった。曲がり規格の発生株率（以下曲がり発生株率）は、23～34%で試験区により異なったが、有意な差は認められなかった。2016年度も試験区による差は小さく、葉鞘径が16.5～17.3mm、調製重が114～125g、可販収量4.8～5.4t/10aで、曲がり発生株率が23～26%の範囲であった。2017年度は、秋期の天候不順による土寄せ作業遅延と台風21号による倒伏の影響で生育が遅くなったため、2018年1月に収穫調査した。収穫時の生育量は、春まき緑肥+D-D区が葉鞘径14.0mm、調製重69gとやや少なかったが、試験区間で有意な差はなかった。また、曲がり発生株率は31～33%と前年に比べてやや高かったが、試験区による差は小さかった。茎盤部の褐変程度は両区とも同程度でわずかに褐変が認められた。根こぶ指数は58～60と両区とも高かった。2018年では、ネギ連作区の葉鞘径及び調製重の値が12.0mm及び64gと他の試験区の15.1～15.7mm及び104～115gに比べて小さかった。9月下旬に台風24号接近に伴う強風で倒伏したことから、曲がり発生株率は、36～47%と他の試験年度よりやや高い傾向であったが、試験区間の差は小さかった。可販収量に有意差はなかったが、夏期に湾曲症状の発生程度が高かったネギ連作区で2.2t/10aと他の試験区に比べて少ない傾向であった。根こぶ指数は春まき緑肥+D-D区が26と低く、ネギ連作区と夏秋まき緑肥区は同程度であった。茎盤部の褐変程度はネギ連作区で1.7と前年に比べて高かったが、他の試験区では褐変がほとんど認められなかった。

IV 考 察

1. 千葉県内の主要ネギ産地におけるネコブセンチュウ発生実態調査

現地調査圃場のうち、前年に湾曲症状が発生した圃場では、土壌消毒や定植前の粒剤処理など農薬によるネコブセンチュウの防除が実施されており、生産者に湾曲症状がネコブセンチュウの被害という認識と、防除の必要性が浸透した結果だと推察される。そのため、調査年の発生は16圃場中2圃場と少なかったが、調査した圃場の半数以上でネコブセンチュウが検出されたことから、土壌消毒を行わずネギの連作を続ければネコブセンチュウの密度が高まり防除が必要となると考えられた。

白岩ら（2005）が鳥取県米子市及び境港市のネギ圃場のネコブセンチュウ種を調査したところ、大半がサツマイモネコブセンチュウであり、一部圃場でアレナリアネコブセンチュウとの混在が認められた。本研究でも、検出頻度が異なるもののサツマイモネコブセンチュウとアレナリアネコブセンチュウの両種が検出されていることから、本県のネギ圃場のネコブセンチュウの主要種はこの2種と考えられた。

2. 土壌消毒と緑肥を組み合わせた秋冬ネギのネコブセンチュウ防除

本試験では、ネコブセンチュウ汚染圃場をD-D剤で土壌消毒後、ネギを連作したネギ連作区でネコブセンチュウの密度の増加、湾曲症状の発生及び収量の減少を確認した。

春まき緑肥+D-D区では、ネギ作付前に対抗植物としてエンバクを春まきで栽培したところ、ネギ生育期間中のネコブセンチュウの密度は、ネギ連作区に比べて2作目ではやや低く推移したものの、3作目は同等であった。春まき緑肥として、ネコブセンチュウの密度低減を目的にエンバク「スナイパー」を用いたが、本試験では十分な効果が得られなかった。「スナイパー」では、ネコブセンチュウが根に侵入してから抑制的な作用を発揮するため、ネコブセンチュウの寄生活動が生じない低温期では、密度低減効果が十分でない（桂・立石、2014）。そのため、一般に秋まきが推奨されている。本研究では比較的温暖な千葉県における秋冬ネギ作付前の春まきへの適応可能性を検討したが、春期の栽培では、地温が低く十分な積算地温が確保できないためネコブセンチュウの密度低減効果が低かったと考えられた。

ネコブセンチュウ密度は、3作目の夏期に急激に高まり、4作目の4月では春まき緑肥+D-D区及びネギ連作区で高く、3月のネギ収穫後も一定期間ネコブセンチュウが土壌中に存在していると考えられた。ネギ定植直前には両区とも密度が低下したが、ネギの生育期間中に再び高まったことから、ネギ連作区での定植直前の密度の低下は一時的なもので、ネギ収穫後から定植までの間、圃場が裸地であったことが原因であると考えられる。一方、夏秋まき緑肥区は、D-D剤を用いた春まき緑肥+D-D区に及ばないもののネギ生育期間中もネコブセンチュウの密度が低く維持され、本試験で供試したギニアグラスとカラシナの組み合わせでネコブセンチュウの密度低減効果が期待できると考えられる。

4作目で試験区による収量の差が顕著となり、ネギ連作区の収量は、春まき緑肥+D-D区及び夏秋まき緑肥区の約1/2程度であった。白岩ら（2004）は、収穫時のネコブセンチュウの寄生程度を示す根こぶ指数とネギの収量に負の相関関係が認められることを報告している。春まき

緑肥+D-D区はネギ連作区に比べて収穫時の根こぶ指数が低く、ネコブセンチュウの寄生程度の違いが両試験区の収量の違いの一因と考えられる。しかし、夏秋まき緑肥区は収穫時の根こぶ指数がネギ連作区と同等であり、収穫時の寄生程度だけでは収量の違いを説明できない。夏秋まき緑肥区では、夏期のネコブセンチュウ密度がやや低く、ネギの生育量が多かったことから、ネコブセンチュウの寄生程度が高まる前にネギの生育量を確保でき、このことが、収量を維持できた要因の一つであると考えられる。

本圃でのネギの湾曲症状について、ハリエンジュが原因となる報告があるものの(佐藤・金田, 2014), ネコブセンチュウとの因果関係を示した知見はない。本試験の夏秋まき緑肥区では、4作目で湾曲症状の発生が少なかったが、根こぶ指数は高く、また、ネギ連作区でも3作目までは、ネコブセンチュウの寄生が見られたものの、湾曲症状の発生は少なくネコブセンチュウとの関連は不明であった。

4作目で著しい湾曲症状が発生したネギ連作区では、試験区内でも畝により発生程度が異なり、発生程度が高い畝は、低い畝に比べてネコブセンチュウの寄生は同等であったが、茎盤部褐変株率が高く、ネギの生育が劣った。夏期の葉の黄化や腐敗による欠株は見られなかったものの、茎盤部の褐変はネギ萎凋病の代表的な病徴の一つであり、茎盤部の褐変部分から、*Fusarium*属菌が分離されていることから、ネギ萎凋病が発生していた可能性がある。本試験の結果からは明確な要因を示せなかったが、今後、本圃での湾曲症状の発生原因としてネコブセンチュウのみではなくネギ萎凋病をはじめとした他の要因も検討する必要がある。

夏秋まき緑肥区で用いたカラシナでは、土壌中のすき込み後の加水分解により発生するガス成分が殺線虫及び殺菌効果を発揮し、サツマイモネコブセンチュウ、キタネグサレセンチュウ、ハウレンソウ萎凋病など複数病害虫に対する防除効果を示すことが報告されている(佐久間, 2012)。湾曲症状の発生原因に土壌病害が関係している疑いもあることから、夏まき緑肥区で湾曲症状の発生が少なかった要因として、ギニアグラスの線虫密度低減効果に加えて、カラシナの殺菌効果の可能性も考えられる。

これらのことから、本県では土壌消毒後3作目にネギを休作し、夏期~翌春に対抗植物としてギニアグラスとカラシナを栽培することで、ネコブセンチュウの密度を抑制し、ネギの収量を維持できると考えられる。

ネコブセンチュウの対策の一つとして、対抗植物を含めた緑肥の栽培の普及に向けたさらなる技術開発が望まれる。

V 謝 辞

本研究の実施にあたり調査にご協力いただいた山武市、横芝光町及び匝瑳市の生産者、JA山武郡市、JAちばみどり、山武農業事務所及び海匠農業事務所の各関係者に深謝の意を表す。

VI 摘 要

近年、千葉県のネギではネコブセンチュウによると思われる生育不良が発生して問題となっている。そのため現地圃場のネコブセンチュウの発生実態を調査するとともに、ネコブセンチュウ汚染圃場で、ネギを休作し夏秋期にギニアグラスとカラシナを栽培する防除方法を実証した。また、ネギ作付前の春まきエンバク栽培によるネコブセンチュウの密度抑制効果を検討した。

1. 千葉県山武・海匠地域のネギ栽培圃場16圃場を調査したところ、11圃場でネコブセンチュウが検出された。ネコブセンチュウの種はサツマイモネコブセンチュウとアレナリアネコブセンチュウであった。これら2種が千葉県のネギ圃場における主要種と考えられた。
2. ネコブセンチュウ汚染圃場をD-D剤で土壌消毒した後、ネギ連作3作目以降にネコブセンチュウの密度は高まり収量が減少したが、3作目にギニアグラス及びカラシナを栽培しすき込むことで、4作目の密度を抑制しネギの収量を維持できることを実証した。
3. 対抗植物のエンバクを春まき栽培したところ、ネコブセンチュウの密度低減効果は認められなかった。
4. ネコブセンチュウ汚染圃場をD-D剤で土壌消毒後にネギを4連作栽培すると、ネギの湾曲症状は激発したが、ネコブセンチュウが寄生しても湾曲症状が発生しない場合もあった。このため、湾曲症状の発生には、ネコブセンチュウの寄生に加えて別の要因があると考えられた。

VII 引用文献

- 桂 真昭・立石 靖 (2014) サツマイモネコブセンチュウ増殖抑制エンバク: スナイパー (系統名: A19) の育成とその利用について. 牧草と園芸 62(3): 11-14.
- 農林水産省 (2021) 令和元年産野菜生産出荷統計 野菜調査3 都道府県別の作付面積, 10a当たり収量, 収穫量及び出荷量. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&lid=000001262043> 最終アクセス年月日 2021年7月25日
- 佐久間 太 (2012) 緑肥作物チャガラシのすき込みによ

- る土壤病害虫防除. 植物防疫 66(10): 25-28.
- 佐藤一至・金田吉弘 (2014) ハリエンジュ防風林に隣接する砂丘畑に発生した ネギ葉鞘部湾曲症状の発生原因と対策技術. 農作業研究 49(3): 97-104.
- 白岩裕隆・鹿島美彦・井上 浩・山下 聡・船原みどり・小西 実 (2005) センチュウによるネギ連作障害,並びに対抗植物のサツマイモネコブセンチュウ密度抑制効果. 近畿中国四国農研 7: 12-17.
- 白岩裕隆・鹿島美彦・井上 浩・山下 聡 (2007) ネギ連作障害における土壤消毒剤と対抗植物を組み合わせたサツマイモネコブセンチュウの防除法. 園学研 6(1): 145-150.
- 白岩裕隆・鹿島美彦・山下 聡 (2004) サツマイモのネコブセンチュウの薬剤防除がネギの収量に及ぼす影響. 近畿中国四国農研 4: 8-12.
- 竹内妙子・児玉不二雄 (2005) 原色野菜病害虫百科第2版 6ネギ類・アスパラガス・ミツバ他, pp.35. 農山漁村文化協会. 東京.
- T. O. Powers and T. S. Harris (1993) A polymerase chain reaction method for identification of five major *Meloidogyne* species *J.Nematol.* 25: 1-6.

Incidence of Root-knot nematode in Welsh Onion Fields in Chiba Prefecture and Demonstration of a Control System Combining Soil Disinfection and Green Manure

Koshi NAKAMURA*, Hiroshi OIDA^{†1}, Tomoko YOKOYAMA, Kenji SUZUKI and Nobuhiko FUKUCHI^{†2}

Key words: Welsh onion, root-knot nematode, green manure

Summary

Growth failure of Welsh onion in Chiba Prefecture has become an increasing problem due to what appears to be Root-knot nematode. We investigated its actual incidence in the field and demonstrated a control method using guinea grass and mustard cultivation in the summer in Root-knot nematode-contaminated fields between plantings of Welsh onion. The effect of spring-sowing Oats before planting Welsh onions was also examined for its efficacy in controlling the Root-knot nematode population.

1. In a survey of fields cultivated with Welsh onions in Chiba Prefecture, Root-knot nematode was detected in 11 of 16 fields. The species of Root-knot nematodes identified were predominantly *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*.
2. After soil disinfection of Root-knot nematode-contaminated fields with 3-dichloropropene-1, 2-dichloropropane mixture (D-D mixture), followed by three consecutive crops of Welsh onion, the population of Root-knot nematodes increased and yields fell. However, when guinea grass and mustard were grown and plowed in after the second Welsh onion planting, the density of Root-knot nematode was suppressed and Welsh onion yields were maintained.
3. Spring sowing of a competing plant, oats, was not effective in reducing the population of root-knot nematode.
4. When Welsh onions were grown as four consecutive crops after soil disinfection with D-D, high levels of leaf curl occurred, but in some cases twisting did not occur even when the Welsh onions were infested with Root-knot nematode. We therefore conclude leaf curl to be caused by factors other than the Root-knot nematode parasite.

* Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 180-1, Okanezawa, Midori, Chiba 266-0014, Japan.

^{†1} Present address: Hosei University Faculty of Bioscience and Applied Chemistry

^{†2} Present address: Institute for Horticultural Plant