

アズキのダイズシストセンチュウの生態的防除について

渡辺 守・斉藤浩一

I 緒言

近年、国民の環境保全型農業に対する関心が高まり、農林水産省は、1989年度から生態系の機能を利用した農業技術の開発を、地域重要新技術開発促進事業として課題化した。この課題に全国の都道府県が参画して、試験を実施した。

本県は、アズキの重大阻害要因である土壤害虫、特にダイズシストセンチュウを対象害虫として取り上げた。この土壤線虫に対し、非寄主作物及び抵抗性品種の栽培、天敵微生物、有機物施用等を利用した生態的な手法による制御技術を検討したので以下に報告する。

II 試験及び調査の方法

本試験は、1990~1992年に現地ほ場及び1/2000 a ポット等で実施した。現地はダイズシストセンチュウに汚染された、農試黒磯分場ほ場及び壬生町の現地農家2ほ場の計3か所である。耕種概要は次の通りである。アズキの品種は壬生大納言を用いた。作付け前に試験の目的に応じて土壌を処理し、アズキを7月中旬に播種し、8月中旬に間引いて、ポットは2株に、現地ほ場は30×60cmに1株の栽植密度で栽培した。

各種の調査方法は次の通りである。シストの土壌中密度は、風乾土100gあたりの充シスト数を記した。作物の作付け前後に土壌を採取し、ガラス温室内で風乾した後、710及び250 μ mのメッシュを用いた浮遊篩分け法¹⁾でシストを分離した。このシストを柄付針でつぶし、充シスト及び空シスト数を計数した。収量構成要素は、ポット試験は全株を、現地試験は1区につき5

~20株を落葉後に採取し、ガラス室で乾燥した後に測定し、1株あたりの平均値で表した。葉色は、生育中にフジ製の野菜用カラースケール(黄0~濃緑8)により調査した。

1. 被害解析

ダイズシストセンチュウの各作物に対する寄生性を次のような方法で調査した。

1990年に、県内のアズキまたはダイズほ場から土壌を採取し、浮遊篩分け法でシストを分離し、乳鉢で磨砕した後、150、45及び38 μ mの篩で卵及び2期幼虫を分離した。この卵をダイズ及びアズキの各品種を栽植した1/5000 a ポットに3720~10400個摂取した。接種60日後に灌水を中止し、土壌を乾燥した後、根部の土壌を払い落とし、根部と払い落とした土壌中のシスト数を計数した。また1992年に、黒磯市塩野崎、同市北和田、西那須野町東遅沢、上河内村小倉の4地点のダイズシストセンチュウ発生ほ場から採取した土壌を直径12cmのポリポットに詰め、レース検定品種LEE68, Peking, PI88788, PI90763, Picketの5種を栽植し、レースを判別した。

1992年に、アズキにおけるダイズシストセンチュウの被害許容密度を検討した。壬生大納言を黒磯分場ほ場に、丹波大納言を壬生町ほ場に栽植し、前者はほ場を21に、後者はほ場を16に区分けし、作付け前後に土壌を採取し、シスト密度を測定した。また、各採土地点の5株を収穫し、収量構成要素を測定した。

2. 非寄主作物及び抵抗性ダイズによる防除

非寄主作物のソバ、陸稲及び水稲を1/2000 a ポットに栽植し、アズキとの輪作体系を検討した。輪作体系は第1表のとおりである。

抵抗性大豆品種の東山93号²⁾を用い、1/2000 aポットで、ダイズシストセンチュウの密度低減効果を検討した。黒磯分場及び壬生町の、ダイズシストセンチュウ発生ほ場から採取した土壌を用いた。輪作体系は第1表のとおりである。

ソバ、東山93号及びアズキの輪作体系を壬生町のほ場で検討した。1区の面積は24m²で1連制であり、輪作体系は第1表のとおりである。

黒磯分場においてアズキ及び東山93号の栽培跡地のシスト分布を調査した。1990年7月16日に東山93号を播種し、10×60cmの1本仕立てにした。アズキは6月29日に播種した。1991年は東山93号を全面に栽植し、播種期の違いによる影響を検討するため、6月14日の普通播き区と7月8日の遅播き区を設けた。土壌内のシスト分布は、両年とも12月に各作物の株元周辺の土壌を採取した。土壌は株の根本から畝と直角方向に0～10、10～20、20～30cmの3段階、各段階ごとに深度0～10、10～20、20～30cmの3段階、計9ブロックに分けて採取し、シスト密度を測定した。

3. 天敵微生物による防除

1990年に、1/5000 aポットで、ダイズシストセンチュウの天敵である *Pasteuria nishizawae* ³⁾ (以下 *P. n.* と表す) のダイズシストセンチュウに対する密度抑制効果を検討した。湯津上村のダイズシストセンチュウ多発生土壌及び少発生土壌、農試本場のダイズシストセンチュウ未発生土壌及び農試黒磯分場の *P. n.* 生息土壌を供試した。 *P. n.* 生息土壌は、室内で陰干したもの、ガラス温室内で天日乾燥したもの及び乾燥しないものの3種類に処理した。供試土壌の混合割合は第5表のとおりである。 *P. n.* 菌の寄生は生土20g中のダイズシストセンチュウ2期幼虫7.8頭のうち4.3頭(55%)に認められた。

また、1990～1992年に、1/2000 aポットで、 *P. n.* 生息土壌接種後のダイズシストセンチュウとアズキの収量の年次推移を調査した。供試土

壌は、壬生町のほ場の土壌(シスト数は129.4個/風乾土100g)、黒磯分場内の *P. n.* 生息土壌(シスト数は6.6個/風乾土100g、 *P. n.* 菌寄生率は、ダイズシストセンチュウ2期幼虫7.8頭のうち4.3頭に寄生)、農試本場内水田土壌(シスト発生無し)であった。1990年に、室内で陰干した *P. n.* 菌生息土壌を1ポットにつき2ℓ混和した。試験区の構成は第6表のとおりである。1992年5月18日、土壌30g(生土)から分離したシストセンチュウ2期幼虫を光学顕微鏡により観察し、 *P. n.* 菌の寄生率を調査した。

1991～1992年に、1/2000 aポットで、ダイズシストセンチュウの天敵である *Paecilomyces* sp⁴⁾ (以下 *P. sp.* と表す) のダイズシストセンチュウ防除効果を検討した。供試土壌は壬生町のアズキ連作ほ場の土壌であった。1991年8月、 *P. sp.* のもみから、ふすま培養物^{5,6)} を、ポットあたり0、50、150mlの3段階に施用した。1992年6月、各ポット数個のシストをすりつぶし、異常卵⁴⁾ を計数した。

4. アズキに対する有機物の施用効果

1990年に、アズキに対する有機物の施用効果を検討した。供試土壌は、ダイズシストセンチュウ非汚染土として農試の畑土壌を、汚染土として壬生町のほ場の土壌を室内で風乾し用いた。汚染土は1ポットあたり2ℓ混合した。これは接種シスト数にすると1ポットあたり2300個であった。施肥は第8表のとおりで、aあたりに換算すると、有機物として堆肥区に稲ワラ堆肥を200kg、鶏糞区に乾燥鶏糞を20kg、化学肥料BB500(5-20-20)を標準区に4kg、半量区に2kg施用した。8月31日及び9月17日に葉色を調査した。

1990～1992年に、壬生町ほ場においてアズキに対する有機物の連年施用の効果を検討した。1区は面積は18m²(3.6×5m)で1連制であり、施肥は第9表のとおりである。化学肥料はBB500を用いた。1990年は、aあたりに換算す

るとイナワラ堆肥を200kg, 鶏糞を20kg, ひまし油粕を20kg施用し, 各有機物区内にはさらに化学肥料について標準, 半量, 無の3つの区を設けた. 1991年は, 有機物と化学肥料の合計の窒素成分量が, aあたり0.2kgになるよう施用し, 全量有機物区と有機物半量+化学肥料区を設けた. さらに化学肥料の施用については全量基肥区と全量追肥区を設けた. 1992年には, 有機物と化学肥料の合計の窒素成分量がaあたり0.2kgの区と, 0.1kgの区を設けた.

1992年7月に, アズキに対する有機物多量施用の効果を検討した. 黒ボク土である林地の表土を, 1/2000 aポットに7分目まで詰め, その上に, ダイズシスト接種用として均一に混和したダイズシスト汚染土壌を施用した. 接種用土壌のシスト数は17.0(個/風乾土100g)であった. この土壌をポットあたり0, 200, 500, 1000, 2000mlの5段階に接種した. また, 牛糞堆肥をポットあたり0, 250, 1000gの3段階に施用した. これは, aあたりに換算すると0, 500, 2000kgである. 化学肥料(BB500)をポットあたり5g施用した.

5. 防除技術の組み合わせ

1991~1992年に, 壬生町ほ場において個別の防除技術の組み合わせを検討した. 1区の面積は70~200m²で1連制である. 試験区の構成は第11表のとおりである. 水田化(非寄主作物), 東山93号(抵抗性ダイズ)作付け, 有機物施用, *P. sp.*培養物(天敵糸状菌)施用を組み合わせた体系処理を行った. 有機物は, 牛糞堆肥をaあたり100kg施用した. 天敵糸状菌はもみながら, ふすま培養物をaあたり1kg施用した.

III 結果及び考察

1. 被害解析

県内から採集したダイズシストセンチュウは, アズキでは供試した壬生大納言, 黒磯在来, カムイダイナゴン, ベニダイナゴン, 丹波大納言

の全てに寄生が認められ, 寄生程度は, エンレイを100とすると62~289であった. ダイズではタチナガハ, エンレイの寄生程度が高く, 納豆小粒, スズユタカはやや低く, スズヒメではわずかに寄生が認められ, トヨムスメ, Dyerでは寄生が認められなかった. 東山93号も寄生がほとんど認められず, 個体群「黒羽」で17%, 「壬生1」でわずかに寄生が認められた. インゲンはわずかに寄生が認められ, ラッセイ, ササゲソラマメでは寄生が認められなかった.

1992年に検定した4か所の個体群は, いずれも対照品種のLEE68にして寄生が認められた. しかし, 他の品種では寄生が認められず, これらの個体群がレース3であることが判明した. なお, 栃木県では, レース3以外のレースの生息は確認されていない^{7,8)}.

土壌線虫の各種作物に対する寄生性は, 輪作体系を考える上で重要である. ダイズシストセンチュウの寄主範囲は狭いことが知られており⁹⁾, 供試した一部の作物では寄生が認められなかった. また, 県内の個体群には, ダイズシストセンチュウ高度抵抗性品種である東山93号を侵すものはなかった. 以上より, 非寄主作物や東山93号を利用した耕種的防除法の可能性が示唆された.

1992年の黒磯分場の試験では, アズキ作付け前の土壌中のシスト数は風乾土100gあたり0~8個と少なかったが, 作付け前の充シスト密度と子実重及び100粒重との間に負の相関が認められ, 次の関係式が得られた(第1図, 第2図).

$$Y = 35.2 - 2.32X \quad (r = -0.693^{***})$$

Y=子実重/株, X=作付前シスト/風乾土100g

$$Y = 19.6 - 0.28X \quad (r = -0.514^*)$$

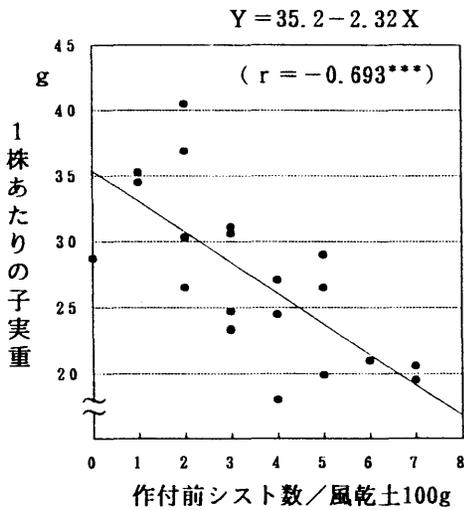
Y=100粒重, X=作付前シスト/風乾土100g

一方, 壬生町ほ場の丹波大納言の作付前シスト数は, 風乾土100gあたり10個以下のグループと30個以上のグループに2分割した. 30個以

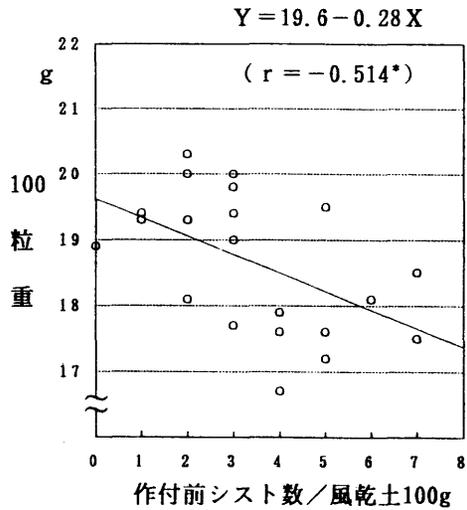
上のグループの子実重は、10個以下のグループの半分程度であった。また10個以下のグループでも、子実重及び100粒重はばらついており、被害許容密度は10個よりも低い点にあると考えられる（第3図、第4図）。上田（未発表）が指摘するように、シスト密度と作物の収量の関係は2次曲線的あるいは折れ線的に反比例し、シスト数が風乾土100gあたり数個程度の範囲では、シスト数の増加に伴い収量は急激に低下したが、シスト数が数十～数百の高密度の範囲

では、シスト数が増加しても収量は低位のままではほとんど変わらなくなった。したがって、シストの被害許容密度は、およそ10個以下の範囲での回帰直線から算出することが望ましいと考えられる。

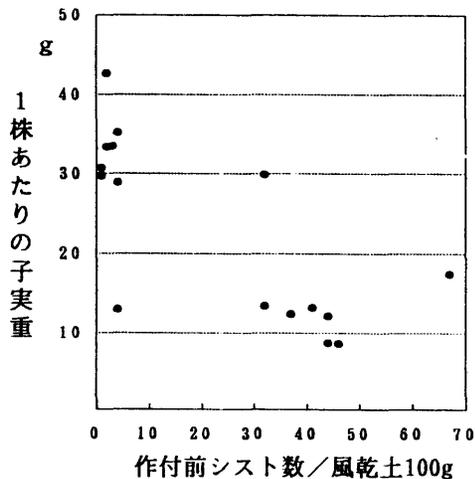
その結果、1992年の試験例からは、アズキの被害許容水準を20%減収ラインとした場合、ダイズシストセンチウの要防除水準は、作付前のシスト密度で、風乾土100gあたり3個程度と考えられる。



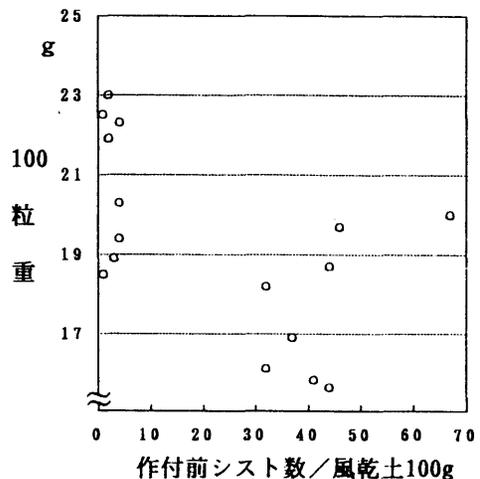
第1図 シスト密度と子実重
(品種：壬生大納言)



第3図 シスト密度と子実重
(品種：丹波大納言)



第2図 シスト密度と100粒重
(品種：壬生大納言)



第4図 シスト密度と100粒重
(品種：丹波大納言)

アズキのダイズシストセンチュウの生態的防除について

2. 非寄主作物及び抵抗性ダイズによる防除

非寄主作物とアズキの輪作体系の試験では各ポットとも3年目のアズキの作付けによる、シスト密度の増加が認められた。しかし、陸稲2作後の3区及び水稲2作後の5区では、アズキの収穫後においてもシストの密度が低かった(第2表A)。収量は、3区及び4区が比較的多かった。5区は成熟が他区より早くなり、収穫の適期を過ぎて収穫したため収量が少なかったが、適期収穫であれば、全重から推測すると、最も収量が多かったと推測している(第3表A)。

東山93号とアズキの輪作体系では、黒礫及び壬生の両土壌において、アズキ連作区のシスト密度が高く推移した。抵抗性品種を2連作した区はシスト密度低減効果が高く、被害許容密度程度かそれ以下に減少した(第2表B)。アズキの収量は黒礫土壌の方が壬生土壌より多かった(第3表B)。

ソバ、東山93号及びアズキの輪作体系では、ソバを1作以上作付けした区の最終年のアズキの収量がアズキ連作区に比し多く、収穫後のシストの増加も認められなかった。また、東山93号を作付けした7区及び9区は、3年目のアズキ収穫後のシスト密度が低く、被害許容範囲にとどまった。また収量については、東山93号を1作以上導入した区では、アズキ連作区に比し50%程度高かった(第2表C、第3表C)。

非寄主作物や東山93号の作付けによりダイズシストの密度は、1年で3分の1程度に低減した。さらに、東山93号の2連作や非寄主作物と東山93号を組み合わせて2作栽培することにより、シスト密度は、高密度ほ場でも2年で要防除密度程度まで低下した。その跡地にアズキを作付けすると、平成2年度の栃木県目標収量の15 kg/a¹⁰⁾に近い収量が得られることを実証した。

第1表 輪作体系

区 No	A: 非寄主作物(畝ト)			B: 東山93号(畝ト)			C: 勲93号とソバ(圃場)		
	年	年	年	年	年	年	年	年	
1	ソバ	アズキ	アズキ	勲93号	アズキ	アズキ	アズキ	アズキ	アズキ
2	陸稲	アズキ	アズキ	勲93号	勲93号	アズキ	アズキ	ソバ	アズキ
3	陸稲	陸稲	アズキ	アズキ	アズキ	アズキ	アズキ	勲93号	アズキ
4	水稲	アズキ	アズキ	勲93号	アズキ	アズキ	ソバ	アズキ	アズキ
5	水稲	水稲	アズキ	勲93号	勲93号	アズキ	ソバ	ソバ	アズキ
6	アズキ	アズキ	アズキ	アズキ	アズキ	アズキ	ソバ	勲93号	アズキ
7							勲93号	アズキ	アズキ
8							勲93号	ソバ	アズキ
9							勲93号	勲93号	アズキ

注) Bの1～3は黒礫分場土壌、4～6は壬生町の土壌
東山93号は大豆系統名

第2表 土壌中のシスト数(個/風乾土100g)

区 No	A: 非寄主作物(畝ト)				B: 東山93号(畝ト)				C: 勲93号とソバ(圃場)			
	90.8	90.10	91.10	92.10	90.8	90.10	91.10	92.10	90.8	90.10	91.10	92.10
1	129.4	46.0	17.4	92.0	9.0	0.0	0.6	0.0	72.6	106.6	12.0	24.0
2	129.4	43.4	600.0	205.4	9.0	1.4	0.6	2.0	110.6	104.0	2.0	5.0
3	129.4	40.6	6.6	11.4	9.0	7.4	164.0	156.0	98.6	60.0	1.0	45.0
4	129.4	46.0	1.4	142.0	129.4	4.6	32.6	121.2	120.6	33.4	6.0	3.0
5	129.4	48.6	0.6	4.0	129.4	2.0	4.6	24.6	104.6	30.6	4.0	2.0
6	129.4	78.0	68.6	874.0	129.4	56.0	*	115.4	125.4	45.4	1.0	6.0
7									70.0	24.0	2.0	5.0
8									86.0	48.0	0.0	14.0
9									88.0	18.6	1.0	4.0

注) * 欠測

第3表 アズキの子実重 (g/株)

区 No	A: 非寄主作物(ネト) 年			B: 東山93号(ネト) 年			C: 東93号とバ(圃) 年	
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1991	1992
1		0.4	1.3		3.2	4.2	2.2	15.7
2		1.8	1.3			1.3		21.9
3			3.0	3.7	4.1	2.8		26.1
4		4.1	2.9		3.8	1.3	2.8	19.5
5			1.2			1.7		18.4
6	35.5	0.4	0.6	4.0	*	1.1		27.8
7							5.6	23.6
8								23.7
9								23.2

注) * 欠測

1990年のアズキ栽培跡地の土壌中のシストの分布は、株元より畝間方向へ0~10cm、深さ0~15cmの部分の密度が高かったのに対し、東山93号ではこの部分の密度の高まりが見られず、全般的に低密度であった。空シストの分布は、壬生大納言、東山93号とも高く、特に東山93号の深さ15~20cmの部分の密度が高かった。空シストに対する充シストの割合は、東山93号が壬生大納言に比べ全般的に低く、充シスト密度の低減効果が高かった。1992年の土壌中の充シストは、水平方向、垂直方向ともどの部位も低く、空シストは、深度の深いところほど多く存在していた。播種時期によるシスト密度の差はみられなかった。前作との関係を見ると、アズキ跡地よりも東山93号跡地の方が、明らかにシスト密度が低下していた(第4表)。

1990年は、抵抗性品種のダイズシスト低減効果があまり高くなかったため、1991年に再検討した結果、播種期を遅くしてもシスト密度低減効果は変わらなかった。したがって、東山93号の2連作により、土壌中のシスト密度は大きく低減することが確認された。

3. 天敵微生物による防除

P. n. 生息土壌無接種の1区では、アズキ収穫後のシスト数が473.4(個/風乾土100g)になった。これに対して接種各区はシスト密度が低く、ダイズシストセンチウに対する密度抑制効果が認められた。接種土壌の乾燥方法の違いによる比較では、天日乾燥の5区、陰干しの3区の順にシスト密度抑制効果が高く、生土の6区は劣った。しかし、アズキの生育及び収量への効果は明らかではなかった(第5表)。

P. n. 生育土壌は、天日乾燥や陰干して施用することによりダイズシストセンチウに対する密度抑制効果が高くなった。このことは、乾燥処理により、土壌中に遊離しているダイズシストセンチウの2期幼虫が死滅し、*P. n.* 菌は生存したためと推察している。

P. n. 生育土壌及び接種土壌では、1992年5月の調査で*P. n.* 菌の寄生が10%程度認められた。また、*P. n.* 菌無接種のシスト発生土壌に比し、収穫後の充シスト密度が数分の1程度と低く、ダイズシストセンチウ密度抑制効果が

第4表 抵抗性ダイズ作付跡地の土壌中のシスト分布

播 種 日	深 度 (cm)	1区(前作: 東山93号)						2区(前作: 壬生大納言)					
		作付前		株元からの距離(a)				作付前		株元からの距離(a)			
		シスト数()		0~10	10~20	20~30	シスト数()		0~10	10~20	20~30		
6	0~10	6/57	1/1	1/5	0/4	11/60	1/9	2/17	0/106				
/	10~20	2/93	0/2	0/18	0/116	13/234	1/19	0/30	4/148				
14	20~30	4/137	0/9	0/11	0/92	8/288	1/20	0/113	20/328				
7	0~10	16/82	0/44	2/34	2/32	8/78	10/32	6/650	8/512				
/	10~20	2/160	0/34	2/32	2/564	8/352	8/62	6/458	4/1080				
8	20~30	10/706	2/40	0/74	6/730	6/674	8/36	0/210	12/466				

注) 数値は充シスト数/空シスト数(風乾土100g)

作付前: 1991年6月(播種時)に土壌を耕耘した時の表土のシスト密度

アズキのダイズシストセンチュウの生態的防除について

第5表 *P. nishizawae* の乾燥法の違いとシスト密度およびアズキの生育, 収量との関係

区 No.	供試土壌混合量		収穫後 シスト数/ 風乾土100g	9月17日		子実重 g/株
	2.5l	1l		草丈cm	葉色	
1	シスト多発生土	シスト少発生土	473.4	19.7	4.1	2.6
2	シスト多発生土	<i>P. n</i> 土(陰干し)	43.4	17.8	3.7	1.9
3	シスト少発生土	<i>P. n</i> 土(陰干し)	13.4	19.0	5.8	6.6
4	シスト少発生土	シスト少発生土	16.0	21.2	6.3	6.4
5	シスト多発生土	<i>P. n</i> 土(天日乾燥)	27.4	16.5	3.8	3.5
6	シスト多発生土	<i>P. n</i> 土(生土)	122.0	15.7	4.1	3.8
7	<i>P. n</i> 土(生土)	<i>P. n</i> 土(生土)	8.0	15.2	3.0	3.2
8	未発生土	未発生土	0.0	16.0	6.1	4.6

注) シスト数は風乾土100gあたりシスト多発生土が25.0個,
シスト少発生土が1.0個, *P. n*土が3.3個

第6表 *P. nishizawae* 接種とシスト密度及びアズキの収量

区 No.	試験区の構成			シスト数/風乾土100g			92年 <i>P. n</i> 菌寄生率		子実重g/株			
	供試土壌	輪作体系(年)		年 月			※	%	年			
		90	91	92	90.10	91.10			92.10	1990	1990	1990
1	<i>P. n</i> 生息土壌	アサ	アサ	アサ	24.0	46.0	198.6	21/154	13.6	7.9	4.4	3.9
2	<i>P. n</i> 生息土壌	イ	イ	アサ	2.6	2.0	0.0	0/0	0.0			6.2
3	壬生シスト発生土+ <i>P. n</i> ^a	アサ	アサ	アサ	20.6	268.6	100.0	9/58	15.5	4.7	2.9	3.5
4	壬生シスト発生土	アサ	アサ	アサ	156.0	280.0	803.4			7.5	1.6	2.1
5	本場健全土+ <i>P. n</i> ^a	アサ	アサ	アサ	19.4	276.0	129.4	11/115	9.6	15.8	3.9	2.2
6	本場健全土	アサ	アサ	アサ	0.6	182.0	0.0			20.5	3.9	1.6

注) a : 2lの乾燥させた*Pasteuria nishizawae*を接種
※ : *P. n*菌に寄生された幼虫/調査幼虫数

第7表 *Paecilomyces. sp* 接種とシスト密度およびアズキの収量

区 No.	処理内容	90年 5月 異常卵※	シスト数/風乾土100g		子実重g/株	
			年 月	年 月	年	年
			91.10	92.10	1991	1992
1	<i>P. sp.</i> 無し	2/185	55.0	144.0	1.2	2.8
2	" 50cc/ホト	2/225	207.0	621.0	1.0	1.5
3	" 150cc/ホト	25/339	47.0	126.0	0.9	4.0

注) ※ : 異常卵/正常卵

認められた。収量は、水稻2作後の3区が最も多く、シスト発生土壤に*P. n.*菌を接種した4区は*P. n.*生育土壤の1区と同等であり、シスト発生土壤にアズキを連作した5区に比べ50%程度多く、*P. n.*菌接種による収量の向上効果が認められた(第6表)。

*P. n.*生育土接種により、ダイズシストセンチウの密度抑制効果が認められたが、アズキの収量向上への効果は、この菌単独では十分ではなかった。

*P. sp.*菌150ml接種区では異常卵が約7%みられ、収穫後のシスト密度は最も低く、収量は無処理区及び50ml区よりも多かった(第7表)。しかし、この菌単独ではアズキの収量は十分に得られなかった。

以上より、天敵微生物を接種しても、アズキを連作した場合、十分な収量は期待できないため、今後の、天敵微生物の効果を高める技術の開発が待たれる。

4. アズキに対する有機物の施用効果

シスト密度は各区とも1作目で急激に増加したが、2作以降は低下した。このような寄主作物の連作によってシストが急激に連加し、その後漸減する現象は報告されている¹¹⁾。本試験においても、3作後には1作目作付前と同程度にまで低下したが、全期間を通じ、シストの汚染程度としては高い密度で推移した。有機物の種類では、イナワラ堆肥区で最も密度が低かった。

ダイズシストセンチウの接種区は、無接種区に比べ葉が黄化し、生育、収量とも劣った。有機物の施用により、収穫後のシスト数が無施用区に比べ高まる傾向が認められた。有機物施用の効果は、ダイズシストセンチウ無接種区内では明らかではなかった。しかし、ダイズシスト接種系列内では、堆肥区、鶏糞区がともに無施用区に比べ葉色が濃く、生育、収量ともまされた。化学肥料の施用量の差による生育、収量の差は、有機物施用の有無による差に比べ顕著でなかった(第8表)。

第8表 シスト密度およびアズキの生育、収量に及ぼす有機物の施用効果

区 No	シ ス ト	施 肥 内 容		葉 色		収 穫 後 シ ス ト 数 / 風 乾 土 100g	全 重 g/株	主 茎 長 cm	節 数	稔 実 数 / 株	子 実 重 g/株	100 粒 重 g
		有機物	化学肥料	月 日								
				8.31	9.17							
1	接	堆 肥	無	4.7	6.3	178.0	16.9	23.2	14.7	16.5	12.7	14.9
2		"	減 量	4.6	6.6	127.4	19.0	24.8	14.7	17.2	12.7	14.2
3		"	標 準	4.4	6.4	156.6	15.5	23.3	13.7	16.5	9.9	12.3
4	種	鶏 糞	無	4.8	6.8	126.0	20.1	25.8	14.2	16.7	13.2	14.1
5		"	減 量	4.1	6.3	170.6	15.2	24.7	14.2	15.5	9.2	13.3
6		"	標 準	3.9	6.2	153.4	12.5	21.5	13.0	12.3	8.1	12.8
7	種	無施用	無	3.0	4.6	92.0	7.4	15.3	12.2	7.5	4.4	11.8
8		"	減 量	2.8	4.8	85.2	8.0	17.8	12.8	10.0	4.9	12.9
9		"	標 準	2.3	5.3	58.0	7.7	16.5	10.7	8.7	4.9	13.1
10	無	堆 肥	無	5.2	7.5	0.0	30.1	30.8	15.3	18.5	16.3	17.6
11		"	減 量	5.5	7.6	0.0	35.1	33.5	16.2	25.0	20.2	17.6
12		"	標 準	5.6	7.2	0.0	28.6	28.8	15.5	22.0	16.9	18.7
13	接	鶏 糞	無	5.4	7.4	0.0	31.4	34.3	15.7	19.7	17.4	17.5
14		"	減 量	5.4	7.5	0.0	31.3	38.2	16.2	22.8	18.4	17.0
15		"	標 準	5.4	7.4	0.0	34.7	34.5	16.5	21.7	17.6	18.9
16	種	無施用	無	5.2	7.2	0.0	24.1	28.2	14.8	17.8	14.8	15.8
17		"	減 量	5.2	7.1	0.0	28.5	31.7	15.3	23.3	17.0	15.8
18		"	標 準	5.6	7.5	0.0	27.2	29.8	15.5	19.5	16.4	17.8

注) 葉色はフジ製野菜用カラースケール(黄0~濃緑8)

アズキのダイズシストセンチュウの生態的防除について

有機物の連年施用試験では、有機物の種類毎に3年間の収量を平均した値を見ると、各有機物とも施用区が無施用区に比べ多かった。また、3作目の収量について有機物の施用量別に比較すると、イナワラ堆肥では有機物半量+化学肥料半量区が、鶏糞及びヒマシ油粕では有機物全量区が多かった。化学肥料を減じ、その分を有機物により代替した有機物半量+化学肥料半量区の収量は、有機物全量区とほぼ同等であった(第9表)。

以上より、有機物の施用は、収穫後のシスト数が無施用区に比べ高まる傾向が認められるものの、ダイズシストセンチュウの被害を軽減する効果が認められた。また、化学肥料の一部は有機物に代替することができ、有機物による化学肥料の施用量削減効果が認められた。

有機物の多量施用試験では、牛糞堆肥の施用量別に、収量構成要素の平均値を比較すると、aあたり500kg施用及び2000kg施用は、アズキの生育(主茎長、全重、英数等)及び子実の品

第9表 有機物の連年施用とシスト密度及びアズキの収量

区 No	有機物	施 肥 内 容						シスト数/風乾土100g					子実重 g/株			種類別 3年間の 平均
		施用量 kg/a			化学肥料 kg/a			年 月					年			
		1990	1991	1992	90	91	92(♀)	90.8	90.10	91.10	92.10	1990	1991	1992		
1	イナワラ	200	142	142	4			23.4	70.0	8.0	15.0	17.8	8.8	13.0	} 13.6	
2	堆肥	200	71	71	2	2	2	15.4	64.0	16.0	11.0	22.5	7.7	18.3		
3	肥	200	71	71	0		2	14.6	48.6	12.0	7.0	10.5	6.2	8.2		
4	鶏糞	20	12	12	4			27.4	93.4	12.0	27.0	17.6	5.9	20.0	} 11.3	
5		20	6	6	2	2	2	34.0	92.6	52.0	13.0	15.7	2.7	14.1		
6	糞	20	6	6	0		2	41.4	82.0	68.0	6.0	18.0	3.0	5.1		
7	ヒマシ	20	14	14	4			49.4	109.4	52.0	36.0	15.6	3.3	15.0	} 10.9	
8	油	20	7	7	2	2	2	40.0	223.4	38.0	30.0	15.4	1.9	12.7		
9	粕	20	7	7	0		2	26.6	174.0	68.0	23.0	18.4	3.2	12.7		
10	無				4			43.4	86.0	42.0	26.0	8.8	2.9	14.0	} 8.8	
11	施				2	4	4	45.4	116.0	56.0	42.0	8.5	2.8	16.4		
12	用				0		4	36.6	178.6	42.0	10.0	13.5	3.8	8.3		

第10表 有機物多量施用とシスト密度及びアズキの生育、収量

区 No	牛糞堆肥 kg/10a	作付前 シスト 数/ ポット	収穫後 シスト数 /風乾 土100g	全 重 g/株	主 茎 長 cm	節 数	稔実 英数 /株	子 実 重 g/株	100 粒 重 g
1	無	0.0	0.0	9.4	22.3	10.5	6.8	5.4	17.5
2	"	26.6	11.4	9.4	23.3	11.0	7.7	5.7	16.8
3	"	66.5	24.6	8.9	22.9	11.5	7.5	5.2	16.7
4	"	133.0	5.4	17.6	31.3	12.3	9.5	8.7	19.9
5	"	266.0	191.4	11.9	28.5	11.8	8.5	7.4	20.0
平均			46.6	11.4	25.7	11.4	8.0	6.5	18.2
6	5000	0.0	0.0	10.8	24.3	10.8	7.3	6.5	18.5
7	"	26.6	156.0	16.6	29.0	11.7	8.0	8.0	20.3
8	"	66.5	16.0	17.3	28.9	11.2	10.2	8.5	20.0
9	"	133.0	48.0	14.5	30.9	12.3	10.2	7.3	19.2
10	"	266.0	6.0	18.9	33.6	13.0	9.0	7.8	21.5
平均			45.2	15.6	29.3	11.8	8.9	7.6	19.9
11	20000	0.0	0.0	19.5	36.3	13.5	9.2	7.0	19.3
12	"	26.6	75.4	16.2	29.0	12.2	9.8	8.2	20.6
13	"	66.5	173.4	15.9	30.9	11.3	9.8	7.5	20.7
14	"	133.0	27.4	18.5	32.7	12.5	9.0	8.7	21.4
15	"	266.0	35.0	19.2	33.7	12.8	8.7	7.3	21.4
平均			62.2	17.9	32.5	12.5	9.3	7.7	20.7

質(100粒重)を向上させた。その効果は、aあたり2000kgの多量施用が最も優れ、無施用に比し全重で約50%、100粒重で約10%以上の増加が認められた。同様に、収量もわずかに増加した。しかし、500kg施用と2000kg施用との差は小さかった。シスト接種量別に比較すると、牛糞堆比無施用では、接種量の多い方がアズキの生育や収量、品質は良く、2000kg施用では接種量による差がなかった。これは、林地の土壌を用いたため、牛糞堆比無施用区では肥料成分が少なく、シスト接種用土(最大2ℓ/ポット)が多いほど、そこに含まれる肥料成分が生育を向上させたものと推定している(第10表)。

以上より、牛糞堆比の多量施用はアズキの生育や品質を向上させるが、収量の向上効果は比較的小さく、aあたり500kg以下に限界点があると考えられる。また、収量への影響は作付前シスト密度よりも土壌肥沃度による影響の方が大きいと考えられる。

5. 防除技術の組み合わせ

1991年に抵抗性品種作付(2区)や水田化(1区)をおこなった区では、1992年のアズキ作付

前にシストが被害許容密度程度まで低下していた。また、1992年のアズキ作付によるシストの増加はわずかであり、栃木県のアズキの目標収量に匹敵する収量が得られ、ダイズシストセンチウの被害回避効果は高かった。天敵糸状菌の接種による、シスト密度やアズキの収量への影響は認められず、その効果は明らかでなかった(第11表)。

以上のように、非寄主作物及び抵抗性ダイズを利用した輪作、有機物の連年施用、天敵微生物の利用など、生態系の機能を利用した防除技術のなかでは、輪作が最も高く安定した効果を発揮した。また、輪作によってアズキの収量は、ダイズシストセンチウの汚染は場においても、健全な土壌と同等の収量が得られることを実証した。また、有機物の施用等により、土壌を肥沃にした場合は、ダイズシストセンチウの被害をある程度軽減することが可能であった。これらの技術の組み合わせにより、ダイズシストセンチウの密度は低位に維持され、あるいは、多少汚染程度が高くてもその被害は軽減し、ダイズシストセンチウ非汚染土壌での目標収量

第11表 個別技術の体系化とシスト密度及びアズキの生育、収量

区 No	試験区の構成		シスト/畝±100g		全 重 g/株	主 茎 長 cm	節 数	稔実 莢数 /株	子 実 重 g/株	100 粒 重 g
	1991年 基有ア抵水 機ズ抗田 肥物キ性化	1992年 基有ア天 機ズ 肥物キ敵	92年 8月	92年 10月						
1	◎	○	1.6	5.0	65.1	160.2	17.6	49.0	36.7	22.8
2	○○◎	○○○	3.0	6.0	57.5	52.3	16.6	49.5	31.6	18.7
3	○○○	○○○	49.6	33.0	39.4	35.4	14.7	38.1	23.6	19.1
4	○	◎○	45.0	30.0	16.6	28.5	13.6	18.9	10.4	19.2
1'	◎	○○	3.0	3.0	56.0	58.7	15.1	39.0	31.2	22.1
2'	○○◎	○○○○	4.0	20.0	42.3	42.7	15.4	31.7	24.1	19.9
3'	○○○	○○○○	38.0	23.6	22.6	34.8	15.1	20.5	11.1	15.9
4'	○	◎○○	39.0	48.0	22.4	31.3	14.1	25.9	12.8	16.4

注) ○及び◎は実施、◎は92年の小豆作のための被害回避手段

と同等の収量が得られることが明らかになった。

Ⅳ 摘 要

アズキのダイズシストセンチュウに対し、生態系の機能を活用した生態的な防除技術を検討し、次のような結果を得た。

1. アズキ(壬生大納言)では、作付前シスト密度と子実重及び100粒重との間に負の相関が認められ次の関係式が得られた。

$$Y = 32.2 - 2.32X \quad (r = -0.693^{***})$$

Y=子実重/株, X=作付前シスト/風乾土100g

$$Y = 19.6 - 0.28X \quad (r = -0.514^*)$$

Y=100粒重, X=作付前シスト/風乾土100g

その結果、アズキの被害許容水準を20%減収ラインとした場合、ダイズシストセンチュウの要防除水準は、作付前のシスト密度で、風乾土100gあたり3個程度と考えられた。

2. 非寄主作物や東山93号の作付けによりダイズシストセンチュウの密度は1年で3分の1程度に低減し、2年で要防除密度程度まで低下した。その跡地にアズキを作付けした場合アズキの収量はアズキ連作区に比し多い収量が得られた。

3. ダイズシストセンチュウの天敵微生物である *Pasteuria nishizawae* 及び *Paecylomyces* sp. の利用については、単独の技術としては効果が十分ではなかった。

4. 有機物の施用は、収穫後のシスト密度が無施用区に比べ高まる傾向が認められるものの、ダイズシストセンチュウの被害を軽減した。また、化学肥料の一部は有機物に代替することができ、有機物による化学肥料の施用量削減効果があった。

5. 牛糞堆肥の大量施用はアズキの生育や品質を向上させるが、収量の向上効果は比較的小さく、aあたり500kg以下に限界点があった。

6. 非寄主作物及び抵抗性大豆品種を利用した輪作、有機物の連年施用、天敵微生物の利用

など、生態系の機能を利用した防除技術の組み合わせは、ダイズシストセンチュウの密度を低位に維持し、その被害を回避し、ダイズシストセンチュウ非汚染土での収量と同等の収量が得られることを実証した。

Ⅴ 謝 辞

本試験遂行にあたり、茨城県農業研究所の上田康郎主任研究員、埼玉県農業試験場の江村薫主任研究員に有益な御教授、御助言を頂いた。また、試験実施に御協力頂いた関係期間各位に深く感謝の意を表します。

Ⅵ 参考文献

1. 農林省振興局研究部 (1960) 線虫研究指針49-51
2. 井口慶三・百田洋二・稲垣春郎 (1983) 関東病虫研報30:190-191
3. 西澤努 (1990) 植物防疫44 (12) :524-530
4. 赤坂安盛 (1992) バイオコントロール研究会レポート3:9-18
5. 赤坂安盛 (1991) 地域バイオテク成績書
6. 江村薫 (1990) 埼玉県農試環境生物部成績書
7. 稲垣春郎・清水哲・百田洋二 (1982) 関東病虫研報29:170
8. 百田洋二・稲垣春郎 (1983) 関東病虫研報30:192
9. 農水省野農事試 (1981) 線虫防除からみた前作物の選択
10. 栃木県 (1990) 転作の技術指針
11. 農林省農業環境研究所 (1984) 農環研年報No 2

Ecological Control of *Heterodera glycines* Injurious to Azuki bean

Mamoru WATANABE, Koichi SAITO

Summary

The ecological control of soybean cyst nematode *Heterodera glycine*, injurious to azuki bean was studied from 1990 to 1992.

1. On azuki bean (variety Mibu-dainagon), the yield and 100-grain weight were both negatively correlated to cyst density of *H. glycine* in soil before planting. Following equations were derived,

$$(1) Y = 35.2 - 2.32X \quad (r = -0.693 \text{ ***})$$

here Y represents yield (= seed weight per plant) and X represents number of cyst in 100g dried soil before planting of azuki bean,

$$(2) Y = 19.6 - 0.28X \quad (r = -0.514 \text{ *})$$

here Y represents 100-grain weight and X represents number of cyst in 100g dried soil before planting of azuki bean.

Assuming that the economically acceptable injury level is 20% of the yield, the control threshold density is three cysts per 100g dried soil before planting.

2. Cultivation of non-host crops of *H. glycine* such as rice and buckwheat were effective to decrease cyst nematode density. It decreased cyst nematode density to one-third of the initial density level in year. And, after cultivation for two successive years, the cyst nematode density level were decreased to low control threshold level.

3. To control cyst nematode density in the soil, microbial natural enemies *Pasteuria nishizawa* and *Paecylomyces* sp. were applied and tested. Their application did not decrease cyst nematode density in the soil, and therefore were not effective for recover the yield of azuki.

4. Although application of organic fertilizer tended to raise the cyst density of the soil, it recovered the damage of cyst nematode.

[Bull. Tohigi Agr. Exp.
Stn. No.40 : 47~58 (1993)]