

丹波黒大豆（丹波黒）の黒根腐れ病害に挑む!!

～トリコデルマ属菌を活用した機能性たい肥の開発と効果に関する研究～

しののめ黒大豆研究チーム（兵庫県立篠山東雲高等学校）

1 きっかけ

丹波黒は大粒の黒大豆として江戸時代から栽培が続く丹波篠山の特産物である。近年、ゲリラ豪雨や夏季の過乾燥などの異常気象に対応した畝間かん水などにより、黒根腐れ病（写真1, 2）などの立ち枯れ性病害が多発し、収穫量に大きな影響を与えている。丹波篠山においては、水田の転作品目として生産が拡大されたことにより、排水不良畑での畝間かん水による影響も大きく、その対応策を地域で検討している。しかも、この病害に対する有効な登録薬剤も限られており、その防除法は確立されていない。

そこで、地域からの依頼を受け、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター（以下、中央農研）との研究協定を締結し、現地資材を活用した拮抗性トリコデルマ属菌(T-29菌株、以下トリコデルマ菌と記載する)の増殖と資材化技術の開発による機能性たい肥現地供給システムの研究に取り組んだ。



写真1

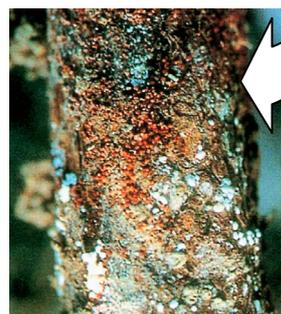


写真2

2 目的

丹波黒における黒根腐れ病害を調査し、生育や収穫量への影響を明らかにする。また、トリコデルマ菌の効果を調査し、その増殖と地元で調達可能な資材を用いた機能性たい肥を作成する。さらに、その効果を測定し、実用化に向けた生産システムを開発し、産地内での普及をめざす。

3 事前調査

(1) 黒根腐れ病について

まずはじめに、黒根腐れ病によりどのような被害が出るのか調査を行った。中央農研の生物的病害制御研究チームの仲川晃生先生にご指導いただき、篠山市小多田ほ場において罹病度合いを

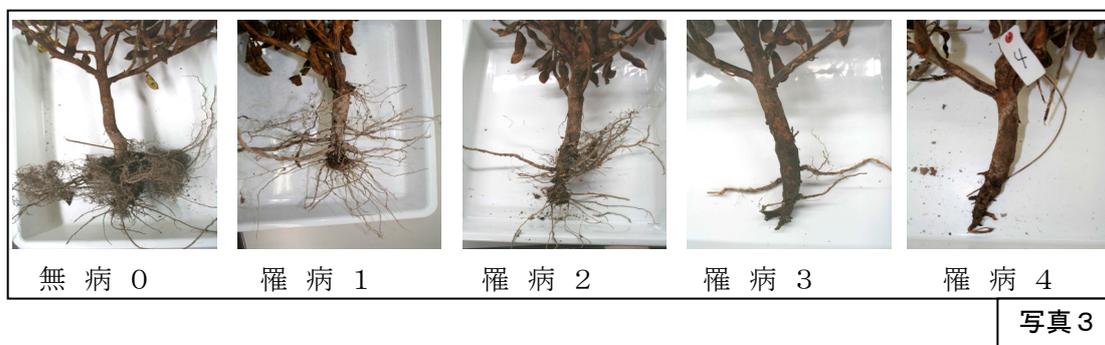


写真3

調査した。黒根腐れ病はその罹病の進行度合いで0～4に分け、評価を行った。（写真3）

その名の通り、根を腐らせる病気であり、根からの養分吸収ができなくなることで、植物体を

枯死させることがわかった。また、病原菌（黒根腐れ病菌）が多湿の条件で異常繁殖を行い、丹波黒の根に寄生し、根を腐らせていることが調査から判明した。なお、その判定基準は図5のとおりである。今後の調査の指標として用いることにした。

(2) 収穫量に対する影響調査

今回の調査では収穫量に対する影響も調査したいと考えた。そこで、指標となる罹病進行度合い0から4にあたる株（各20株）について、JA丹波ささやまの選別規格に基づき、収穫量の調査を行った。

※大きさの等級について

2L…亀甲3分21番（10.0mm）網上

L…亀甲3分18番（9.0mm）網上

M…亀甲2.5分23番（7.0mm）網上

S…Mの網下（6.0mm～6.9mm）

外品…5.9mm以下、およびくず豆（裂皮、割れ、しわなど）

< 1株あたりの莢数および粒数 >

罹病の進行度	平均莢数	2L	L	M	S	外	合計
0	245.5	176.0	18.0	92.0	0.2	17.3	303.5
1	231.3	59.3	12.3	8.0	0.7	175.3	255.7
2	241.7	28.0	5.0	48.0	0.4	214.5	295.9
3	142.1	7.5	2.1	12.0	0.5	133.0	155.1
4	167.2	4.7	2.3	13.3	0.3	188.3	209.0

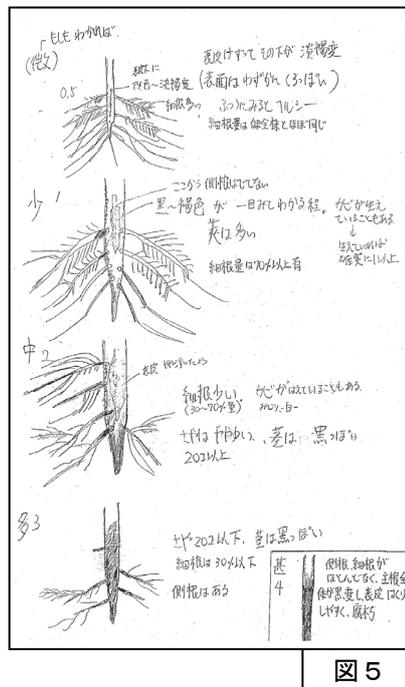


図5

商品価値の高い2L・Lの粒数は、罹病が進むにつれて極端に減っている。また、1株あたりの粒数についても減少傾向にあり、大豆の収量構成要素である粒数（莢数×1莢平均粒数）に影響を及ぼしていることが明らかになった。罹病進行度1と2については莢数への影響が少ないことから、子実の肥大期への影響があると推察した。しかし、罹病進行度3と4については、莢数決定期（図6）においても黒根腐れ病の影響があることが示唆された。そこで、さらに多角的に調査を行うため、1株あたりの収穫量や1粒重などについても調査を行い、以下の表に示した。

< 1株あたりの収穫量（g） >

罹病の進行度	2L	L	M	S	外	合計	秀品率
0	145.93	13.23	53.16	0.06	11.78	224.16	71.0%
1	44.65	7.60	4.30	0.21	115.42	172.18	30.3%
2	20.43	3.04	25.27	0.12	129.65	178.51	13.1%
3	5.42	1.21	6.43	0.17	76.25	89.48	7.4%
4	3.30	1.45	6.69	0.11	94.19	105.74	4.5%

※秀品率は1株の合計に対する2LおよびLの割合で求めている。

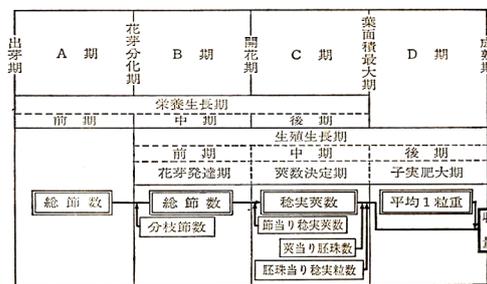


図70 4生育期と代表的収量構成形質（松本・朝日，1977）

図6: 4生育期と代表的収量構成形質*1

1株あたりの収穫量を比較したところ、粒数との相関関係が見られた。また、秀品率においては罹病が進むにつれてその割合が減少していることがわかり、収穫量に大きな影響を与える結果となった。根からの養分吸収が同化作用に影響を及ぼし、子実の肥大に大きな影響を与えていることが推察される。その影響を調査するため、平均1粒重についても調査し、以下の表に示した。

<平均1粒重 (g) >

罹病の進行度	2 L	L	M	S	外	1株毎の平均(g)	100粒重(g)
0	0.829	0.735	0.578	0.300	0.681	0.739	73.9
1	0.752	0.616	0.538	0.315	0.658	0.673	67.3
2	0.729	0.608	0.526	0.300	0.604	0.603	60.3
3	0.723	0.576	0.535	0.340	0.573	0.577	57.7
4	0.706	0.623	0.502	0.330	0.500	0.506	50.6

1粒重については、ある程度まで肥大しているものは通常に近い生育が得られていることも、この結果から明らかになった。しかし、粒数の調査と関連付けて考えるとその影響は甚大である。特に罹病の進行度合いが進むにつれて全体的に1粒重も減少し、さらに品質の高い粒数が減少するという結果となった。そこで、実際の出荷価格にあてはめて、収益の比較を行い以下の表に示した。なお、罹病が進行している株がそれぞれ40%の割合で発生した場合の収益をシュミレーションした。昨年の丹波黒出荷価格(2L・Lが2,500円/kg、M・S・外が525円/kg)や丹波篠山における10a平均株数1,389株(うね幅160cm×株間45cm)から算出した。

<10aあたりの収穫量(100%換算)>

罹病の進行度	規格品(kg)	規格外品(kg)
0	221.07	65.00
1	72.57	119.93
2	32.59	155.04
3	9.21	82.85
4	6.60	100.99

<10a中40%が罹病株であった場合の収益(円)>

区画	規格品(kg)	規格外品(kg)	規格品収益	規格外品収益	合計(円)	被害額
罹病なし	221.07	65.00	552,683	34,125	586,808	0
罹病進行度1が40%	161.67	86.97	404,180	45,661	449,841	136,967
罹病進行度2が40%	145.68	101.02	364,203	53,033	417,236	169,572
罹病進行度3が40%	136.33	72.14	340,819	37,872	378,691	208,117
罹病進行度4が40%	135.28	79.40	338,208	41,682	379,890	206,918

罹病の進行度1でも、全体の40%が罹病した場合、約13万円もの被害が出ることを算出した。莢数決定期から罹病し始めた場合、罹病の進行度3と4のように約20万円もの被害を受け、収益が約35%も減少してしまい、経営に大きな痛手を与えることが明確になった。

(3) 調査のまとめ

総合的に調査を行った結果、罹病の進行度1と2については、子実肥大期での養分吸収に影響があると推察された。また、罹病の進行度3と4については、莢数決定期での影響が示唆された。罹病の時期やその度合いにより、収穫量に甚大な影響を与えることが明らかになった。早期における病害防除の必要性があると考えられる。

4 研究内容

(1) 黒根腐れ病菌に対するトリコデルマ菌の拮抗性調査

まず始めに、トリコデルマ菌の増殖に取り掛かった。その後、黒根腐れ病から病原菌を採取し、こちらを増殖を行った。黒根腐れ病菌にトリコデルマ菌を植え付けることで、その拮抗性を検証した。



実験 1

- ・PDA培地の作成

サイコロ切りしたジャガイモ200gを水に入れて湯がく。布でこした湯がき汁に砂糖30gを加え、1Lになるように調整する。寒天8gを加えて、固形培地とする。

- ・トリコデルマ菌の植え付けと繁殖

トリコデルマ菌を培地中央に植え付けてから3週間後の様子(写真7)です。独特の菌相(菌糸や孢子(深緑色)の成長スタイル)を持ちます。PDA培地での繁殖に成功した。

実験 2

- ・黒根腐れ病菌の採取

丹波黒の黒根腐れ罹病株より、黒根腐れ病菌(写真8)を取り出し、選抜と増殖(写真9)を行った。培地は実験1と同様のPDA培地を用いた。



写真8

写真9

実験 3

- ・トリコデルマ菌の拮抗性調査

トリコデルマ菌と黒根腐れ病菌をPDA培地に接種し、その繁殖について観察を行った。(写真10)

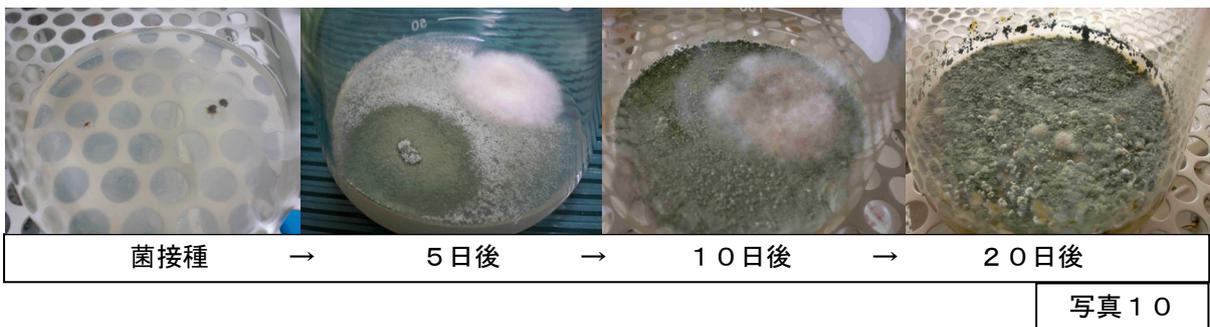


写真10

培地の左にトリコデルマ菌、右に黒根腐れ病菌を接種した。その結果はトリコデルマ菌が黒根腐れ病菌のコロニーを浸食し、最終的にはトリコデルマ菌が多くを占めるという菌密度になった。よって、黒根腐れ病菌に対する拮抗性を示すことが明らかになった。

(2) 機能性たい肥の作成法を検討する

トリコデルマ菌の拮抗性が確認できたことで、次は機能性たい肥の作成法を検討することになった。そこで、作成法を右表のように考え、作成実験を行うことにした。

実験 1

トリコデルマ菌の繁殖させることを目標に適正な資材を選択するための実験を行った。安価で手に入りやすい資材を検討した結果、米ぬか、籾殻、大麦について試験区を設定することにした。シイタケ菌床栽培用の袋を用いて、各資材に水(30%)を加えて培養資材(1袋2kg)をつくり、繁殖実験を行った。実験結果については以下のとおりである。(図11)

米ぬか			発酵熱で死滅	×
籾 + 米ぬか			10日で繁殖 コスト 1000円	◎
籾			20日で繁殖 コスト 1000円	○
大麦			10日で繁殖 コスト 9000円	○

写真11

～作成手順～

- ①PDA培地にて、菌を増殖する。
 - ②増殖した菌を資材に添加し、繁殖させる。
 - ③②の資材をたい肥に混ぜて、菌の繁殖を行う。
- ※菌種を作成し、たい肥に混ぜる手法を選択した。

トリコデルマ菌は50℃以上の高温になると死滅してしまうことが知られており、米ぬかの試験区においては、発酵熱が高くなったため、菌が死滅してしまった。籾については、栄養が少ないため繁殖しにくいことが推察された。大麦については一番繁殖が旺盛であったが、コストがかかりすぎるため、菌種の資材としては利用できないという結論とした。そこで、ぼかし肥のように、米ぬかと籾、水を配合（重量比 米ぬか26：籾2.5：水15）して繁殖用資材としての実験を行った。その結果、大麦よりは繁殖度合いは劣るが、充分資材として活用できると判断した。

実験 2

実験1で作成した菌種を用いて、機能性たい肥の作成実験を行った。たい肥に対して、菌種5%の割合で混和を行い、トリコデルマ菌の繁殖したたい肥の作成について予備実験を行った。

その結果、たい肥に繁殖したトリコデルマ菌が目視できる程度の繁殖を確認した。そこで、実用化に向けて実際にたい肥に添加する実験に取り組むことになった。



写真12

(3) 機能性たい肥の菌密度の調査

篠山市小多田生産組合の小島琢弥さんの協力を得て、たい肥へのトリコデルマ菌の菌種混和実験を行った。菌種5%配合、菌種10%配合の試験区をつくり、機能性たい肥1tの作成（写真13）を行った。その後、菌の繁殖を確認するために、菌密度の調査を行った。



写真13

その結果、写真13でも明らかのように、トリコデルマ菌の繁殖を確認した。なお、菌密度を調査するためにローズベンガルストレプトマイシン培地を用いて、10万倍に希釈して測定を行い、菌の繁殖（トリコデルマ菌のコロニー 写真14）を確認した。したがって、機能性たい肥を作成することができた。

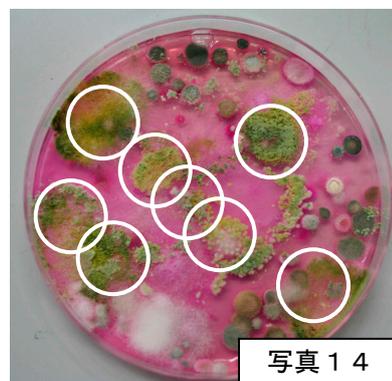


写真14

(4) 機能性たい肥の効果測定

機能性たい肥の完成を受けて、実際の丹波黒の栽培における効果を調査することにした。試験ほ場には、あらかじめ黒根腐れ病菌を繁殖させた菌種（大麦を使った培地）を用いて汚染ほ場を作成し、以下のような試験区とした。

また、調査を9月28日、10月20日、11月19日の3回設定し、中央農研仲川先生

試験区	機能性たい肥（5%）	機能性たい肥（10%）	対照区
面積	1 a	1 a	1 a
たい肥の施肥時期	2月21日		2月22日
植え付け	畝幅160cm 株間45cm		

に調査協力を依頼した。調査結果は次のとおりとなった。ただし、9月と10月については、掘り起こし調査ができないため、株の状況（葉の枯れ具合や黄化の具合）を見て判断しているため、参考データとして扱う。

<9月28日の調査結果>

	機能性たい肥(5%)		機能性たい肥(10%)		対照区	
	株数	割合	株数	割合	株数	割合
全株数	126	100.0%	126	100.0%	126	100.0%
欠株数	1	0.8%	0	0.0%	0	0.0%
発病株数	10	7.9%	13	10.3%	24	18.5%
発病程度1	6	4.8%	7	5.6%	10	7.7%
発病程度2	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
発病程度3	1	0.8%	2	1.6%	8	6.2%
発病程度4	3	2.4%	4	3.2%	6	4.6%

<10月20日の調査結果>

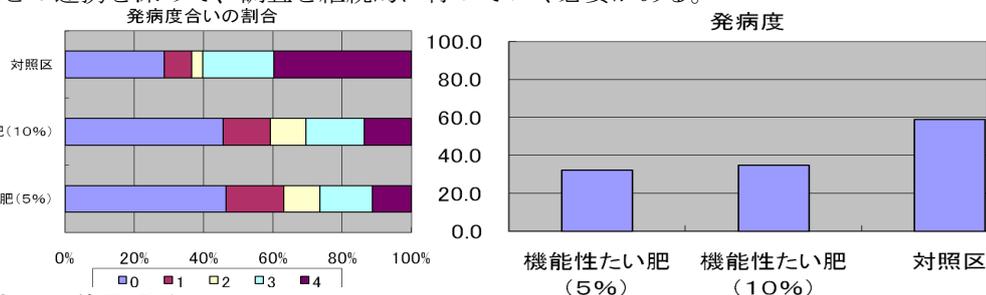
	機能性たい肥(5%)		機能性たい肥(10%)		対照区	
	株数	割合	株数	割合	株数	割合
全株数	126	100.0%	126	100.0%	126	100.0%
欠株数	1	0.8%	0	0.0%	0	0.0%
発病株数	45	35.7%	51	40.5%	89	70.6%
発病程度1	23	18.3%	14	11.1%	21	16.7%
発病程度2	11	8.7%	11	8.7%	24	19.0%
発病程度3	5	4.0%	15	11.9%	32	25.4%
発病程度4	6	4.8%	11	8.7%	12	9.5%

<11月19日の抜き取り調査結果>

	機能性たい肥(5%)		機能性たい肥(10%)		対照区	
	株数	割合	株数	割合	株数	割合
全株数	126	100.0%	126	100.0%	126	100.0%
欠株数	1	0.8%	1	0.8%	0	0.0%
発病株数	67	53.2%	68	54.0%	90	71.4%
発病程度1	21	16.7%	17	13.5%	10	7.9%
発病程度2	13	10.3%	13	10.3%	4	3.2%
発病程度3	19	15.1%	21	16.7%	26	20.6%
発病程度4	14	11.1%	17	13.5%	50	39.7%
発病度	32.0		34.8		58.7	

調査の結果より、機能性たい肥については、菌種5%および10%の試験区においては発病度に有意な差はなく、機能性たい肥の作成に関する菌種の割合は5%でも効果があるという結果になった。また、特に今回は発病するように特異的な菌密度の土壌を作成して実験を行った結果であるため、機能性たい肥の効果測定のみデータが有効であると考えている。今後は、実際の黒根腐れ病多発ほ場にて実験データを収集することが必要になる。さらに9月28日のデータにおいても黒根腐れ病の発病が見られることから、8月下旬から9月初期における調査も実施も必要になると考えられる。早期の発病は、発病程度を進ませることから、早期の発病を防ぐ必要がある。関連機関との連携を深めて、調査を継続的に行っていく必要がある。

腐れ病多発ほ場にて実験データを収集することが必要になる。さらに9月28日のデータにおいても黒根腐れ病の発病が見られることから、8月下旬から9月初期における調査も実施も必要になると考えられる。早期の発病は、発病程度を進ませることから、早期の発病を防ぐ必要がある。関連機関との連携を深めて、調査を継続的に行っていく必要がある。



5 地域への普及活動

この研究は地域の生産者からの要望により開始した取り組みであるため、新聞発表を通じて情報発信を行った。安全で安心な特産栽培につながるとして、注目を集め、生産者からの問い合わせが多くあった。さらに、畜産農家との連携も図ることができ、循環型農業・環境保全型農業として注目されている。

6 研究のまとめ

今回、地域の要望から中央農研との研究協定を結び、現在産地で問題になっている黒根腐れ病(立ち枯れ生病害)の予防に関して、薬剤を用いずに行うことができた。土づくりの段階でたい肥に土着菌であるトリコデルマ菌を接種し、菌密度を高めることで、黒根腐れ病を予防できる仕組みを作ることができた。

7 今後の課題

機能性たい肥の有効性が明らかになったことで、今後は全国の大豆生産でも問題となっている黒根腐れ病の予防に取り組みたい。そして、農薬を使わない安全で安心な大豆生産をめざし、各地域で実用化したい。

<引用文献>*1 新版 食用作物学 p168 図70 文永堂出版