

CDUの土壤病害

抑制効果について (その3)

2. CDUの病害抑制効果に関する基礎試験結果 (2)

2-4 ネコブ病菌に対する抑制作用

ポット試験および圃場に於ける連用効果試験

前章では Fusarium を用いての抑制のメカニズムに関する基礎的な実験結果について述べたが、ここでは Fusarium 病と共に代表的な土壤病害であるネコブ病について CDU の抑制効果の発揮する条件について目下ポット試験や圃場試験によって検討中であるので、現在までに得られた結果のうちから代表的なものについて報告する。

〔試験一〕 土壤の汚染度合と抑制効果 (ポット試験)

〔試験方法〕 富士市近郊のネコブ病汚染土壌と非汚染土壌を混合して病土 5%, 10%, 25% と汚染度の異なる土壌を調整して、N : P₂O₅ : K₂O = 25kg / 10 a の割合で添加し、ハクサイを播種し、ポット栽培を行なった。CDU は粉粒混合品を用いた。発病調査はネコブの着生による発病%と共にネコブ部位を切り取り乾燥してネコブ瘤総重量をも求めた。

〔結果〕 表一8に示した。この表より、汚染度が上るにつれて、硫安区、CDU区の発病%も増加するが、発病%で比較すると硫安区よりCDU区の方が高い感染となっている。しかし、ネコブ瘤総重量では逆に硫安区では汚染度と共に重量が大きく増加するのに対し、CDU区では発病%と共に増加せず、ほぼ一定の値に止まっています。病土10%区で硫安区の1/2.6、病土25%地区で1/3.4と硫安区に比較して病状が進展していないことが判った。このことは発病株あたりの瘤重量に示され、CDU区では0.2~0.3gと一定であるのに対し、硫安区では0.4~0.8gとネコブ瘤が肥大していることが判る。肉眼観察によってもCDU区のネコブ瘤が小さいことが明瞭に認められた。また、汚染度合の高い土壌では地上部の生育がCDU区で大きいことも地下部に於ける病状の抑制を反映しているものと推定される。

なお、病土10%区での土壤微生物フローラの変動を、ハクサイを栽培しないポットを同一場所に設置することにより測定し、その結果を表一9に示したが、CDU区では細菌数が10日をピークとして全期間硫安区より非常に高く経過し、糸状菌はわずかにCDU区が低く経過した。従って、CDUの特異な抑制作用は、この増加した細菌群が大きな役割を果たしているものと思われる。

この様にCDU施用土壌は発病はしてもそれ以降のネコブの肥大が抑制される現象が見出されたことは実用的な抑制効果を考察するうえで興味ある結果と考えられる。Fusarium に於てもCDU施用土壌では作物の導管に菌糸が侵入しても発病する割合が小さいことが認められているので(田部、田端)、この現象にはさらにCDUの未知のメカニズムも関与しているものと推察される。

表一8 土壤のネコブ病菌汚染度合と抑制効果

(ハクサイ)

土 壤 (混合%)	肥料区	総株数	発 病 株 数	発 病 %	ネコブ 総重量 (乾物g)	ネコブ		地上部 新鮮物 重 g
						乾物%	発病株	
非 病 土	硫 安	14	0	0	0	—	—	280
	CDU	15	0	0	0	—	—	250
非病土(95) +病土(5)	硫 安	13	3	23	1.2	0.4	—	230
	CDU	13	7	54	1.8	0.3	—	230
非病土(90) +病土(10)	硫 安	13	9	69	6.7	0.7	—	170
	CDU	14	10	71	2.6	0.3	—	230
非病土(75) +病土(25)	硫 安	13	9	69	7.2	0.8	—	190
	CDU	13	11	85	2.1	0.2	—	210

(期間: 5.5.6.2.8~9.4)

表一9 病土10%区に於ける微生物フローラの変動

微生物	肥料区	0日	10日	20日	32日	45日
細 菌	硫 安	$\times 10^7$ 3.3	5.5	5.2	4.0	3.8
	CDU		45.9	17.9	11.3	5.4
放線菌	硫 安	$\times 10^6$ 1.2	2.8	2.3	3.5	2.9
	CDU		3.9	4.3	3.7	2.9
糸状菌	硫 安	$\times 10^4$ 7.7	4.6	4.7	3.6	4.1
	CDU		3.4	4.1	3.1	2.5

(乾土1g当り)

〔試験二〕 施肥から播種までの日数と抑制効果の関連

(ポット試験)

〔試験方法〕 前試験での病土10%の汚染土壌を用い、施肥をハクサイの播種前28, 21, 14, 7, 0日に行ない、他の条件は前項と同様に行なった。

〔結果〕 表一10に示した。この結果より、CDUは播種と同時に7日頃までに施肥すると抑制効果は高いが、2週間以上も前に施用すると効果が著しく小さくなることが判明した。このことは、既往の研究により種々の粒度のCDUあるいは種々のCDU化成の施用後、土壤の種類や条件は異なってもほぼ7~10日に細菌数の増加のピークが現われることが認められており、CDUによる

表一10 施肥から播種までの日数とCDUのネコブ病抑制効果 (ハクサイ, N=20kg/10a)

肥料区	発 病 %				
	施肥から播種までの日数				
	0	7	14	21	28
硫 安	85	92	92	94	80
CDU	32	30	88	67	75

(期間: 56.2.4~4.5)

細菌の増加のパターンと抑制効果に重要な関連があるものと思われる。

〔試験一3〕 栽培時期と抑制効果との関連(ポット試験)

(試験方法) 前試験での汚染土壌(CDU未施用土壌)を用いて2月、5月および7月にCDUおよび硫酸を施肥して、ただちにハクサイを播種して前項と同様にしてポット栽培を行なった。また、7月には次の〔試験一4〕のCDUおよび硫酸連用圃場の土壌を用い、それぞれにCDU、硫酸を添加して同様にポット栽培を行なった。

表一11 栽培時期とネコブ病に対する抑制効果

(CDU未施用土)

—ハクサイ—

栽培時期	処 理	発 病 %
2月 ~ 4月	硫 安	85
	C D U	32
5月 ~ 6月	硫 安	88
	C D U	60
7月 ~ 9月	硫 安	69
	C D U	71

(CDU連用土)

栽培時期	硫 安	発 病 %
7月 ~ 9月	C D U	85
		13

(結果) 表一11に示した。この結果より、CDUの施用歴のない土壌では、冬期から春への温度の低い時期ではCDU区で高い抑制がみられるが、夏へかけて温度が上昇してくるとCDU区での発病率が上昇してくる。但し、7~9月の結果は表一8の試験結果と同一のものであり、表一8で示したように発病率は硫酸区と差はないがネコブ重量は硫酸区の1/2以下であり抑制効果は発揮されている。

しかしながら、CDU連用土壌では7~9月の夏期でも高い抑制率を示しており、CDUの連用により土壌にすでに抑制効果が潜在していることを示している。

この様にCDUの抑制作用には栽培時の温度が関与することが判明したが、実際の栽培時との温度、CDUの連用効果などについて更に検討を行なう予定である。

〔試験一4〕 CDU連用土壌に於ける抑制効果(圃場試験)

(試験方法) S. 53年春より、10a当りN:P₂O₅:K₂O=30kg:30kg:20kg(倍量区はNのみ倍量)および水酸化マグネシウムを主体とするアルカリ資材30kgを年4回、さらに試験区によっては1トンの堆肥または生ワラを春に1回施用してキャベツを連作した1区1m×2m規模の圃場で、ネコブ病が周辺より自然感染していることが判ったのでS. 55年秋作よりハクサイを栽培し、結球開始時に全株を抜き取りネコブの発生状態について調べた。S. 56年春作では硫酸およびCDU—1区を2分し(1m×1m)次の〔試験一3〕に供した。なお、堆肥と生ワラは53年、54年、55年春に施用し、56年春には施用しなかった。また、CDU区では粉粒混合品を、CDU化成区はCDU—N70%入りのタマゴ化成T2—8—10を用いた。なお、肥料は全層に混合した。土壌分析は1区5ヶ所より複合サンプルを作り分析した。

(結果) 55年秋作と56年春作の発病調査結果は表一12に、56年春作跡地のpH、EC、微生物分析は表一13に示した。また、56年春作に於ける跡地pHと発病%との関係を図一3に、細菌数と発病%との関係を図一4に、B/Fと発病%との関係を図一5に整理して示した。

表一12の結果より、両作を通じてCDU5区のいずれ

表一12 連用圃場に於けるハクサイネコブ病に対するCDUの抑制効果

試 験 区	S. 55年秋作(9月15日~11月4日)				S. 56年春作(3月18日~5月19日)		
	総株数	発病株数	発病%	ネコブ総乾物重量% 発病株	総株数	発病株数	発病%
硫 安	97	47	48	0.19	52	28	54
C D U — 1	129	2	2	0.02	65	0	0
硫 安・(堆肥)	118	94	80	0.20	190	143	75
CDU・(堆肥)	165	52	32	0.10	193	8	4
硫 安・(生ワラ)	120	102	85	0.19	181	136	75
CDU・(生ワラ)	103	18	18	0.12	242	41	17
C D U 化 成	154	25	16	0.12	192	13	7
CDU—2(倍量)	140	11	7	0.11	171	48	28

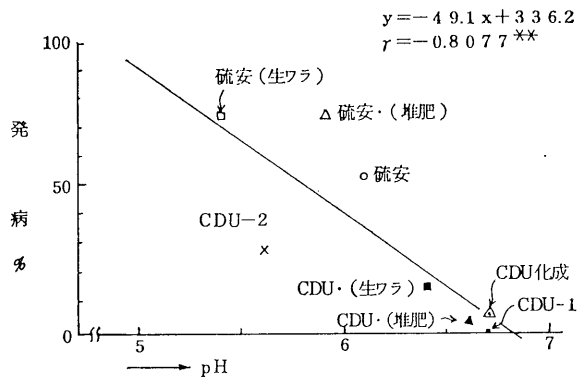
の発病%も硫安3区のいずれの発病%より低いこと^{**}(55年秋; CDU区平均14.8%, 硫安区平均71.0%, 56年春; CDU平均8.1%, 硫安区平均69.6%), 発病株あたりのネコブ瘤重量も55年秋作で硫安区の平均0.19gに対し, CDU区では平均0.09gで1/2以下であり, CDUの連用による抑制効果が明らかに認められた。

CDU各区間では, CDU-1区(単体区)が最も発病%が低く, 同じCDU単体を施用したCDU(堆肥)およびCDU(生ワラ)区, あるいはCDU倍量区よりも抑制効果が大きであった。また, 55年秋に較べて56年春作では硫安区ではほぼ発病%は同程度であったが, CDU区ではわずかではあるが抑制効果が大きくなる傾向を示した。

この結果より, CDUの抑制効果は, 施肥量, 化成化(NH₄-N含有量), 有機物の共存により影響を受け, 施肥量が多過ぎたり, NH₄-Nと共に化成としたり, 有機物の共存下では抑制効果が減少する傾向がみられた。

さて, 表-13の跡地土壌の測定項目のうちで, 発病%と相関を有するものはpH, 細菌, B/Fであり, EC, 無機-N, 放線菌, 糸状菌は関係しないことが判った。跡地 pH と発病% (図-3) は負の相関を有し, CDU区が高く(55年CDU区平均6.1, 硫安区平均5.5, 56年CDU区6.3, 硫安区6.0), 抑制効果にこのpHの高いことも関与しているものと思われるが, CDU倍量区のpHは硫安各区のpHと同等(55年秋)か, むしろ低い(56年春)にもかかわらず硫安区よりも高い抑制効果を示しており, CDUの抑制作用の本質が, pHをはじめとする化学的な要因によるものではなく, 増加するCD

図-3 跡地のpHと発病%との関係 (56年春作)



U分解菌などの微生物的要因によるものであり, CDU区での高pHは細菌の増殖を助け, 2次的に, 補完的に作用しているものと推定される。

次に, 細菌数と発病%との関係(図-4)は, B/F値と発病%との関係(図-5)よりも高い相関にあった。

このことは, 本圃場で示されたネコブ病の抑制作用の本質が増加してくる細菌によるものであることを示していると思われる。

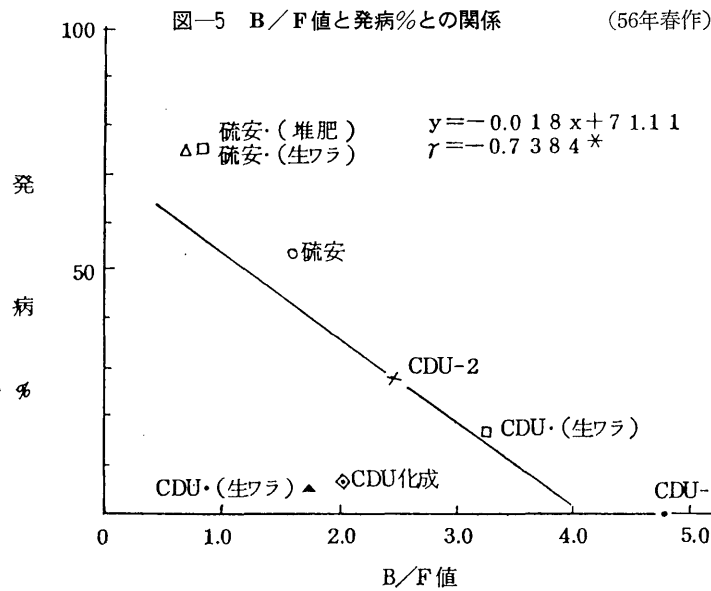
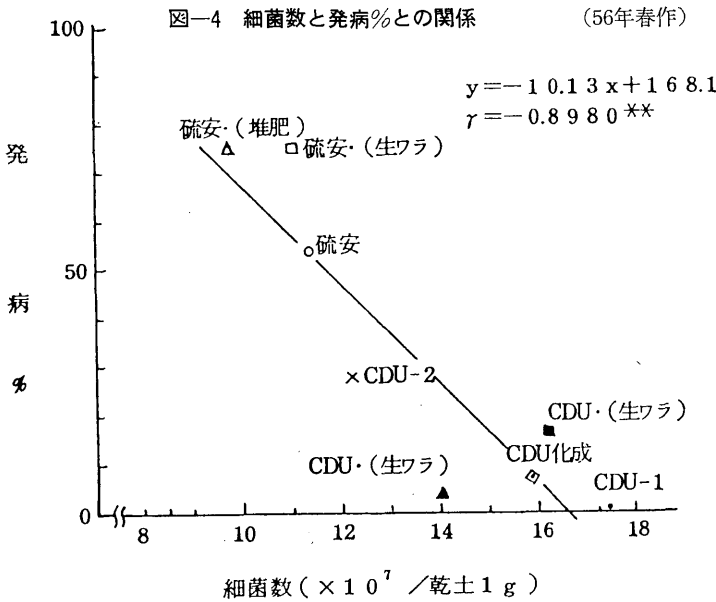
糸状菌数と発病%では区間の相関がありそうであるが, 有意性は認められなかった。現在の糸状菌数の測定方法は細菌以上に議論のある所であるので, その糸状菌数を分母にしたB/F値よりもCDUの抑制作用を考察する上ではむしろ細菌数のみの方が良いのではないと思われる。

[試験-5] CDU連用土壌に於ける抑制効果の持続性

表-13 56年春作跡地土壌のpH, EC, 無機-Nおよび微生物フローラ

試 験 区	pH*		EC*	無 機 - N (mg/乾土100g)	微 生 物 (乾土1g当り)			
	55年秋	56年春			細菌	放線菌	糸状菌	B / F
硫 安	(5.6)	6.1	0.10	0.5	$\times 10^7$ 11.3	$\times 10^6$ 6.1	$\times 10^4$ 7.2	1,600
C D U - 1	(6.4)	6.7	0.21	1.4	17.2	6.6	3.6	4,800
硫 安・(堆 肥)	(5.7)	5.9	0.15	0.7	9.6	4.9	7.0	700
C D U・(堆 肥)	(6.2)	6.6	0.17	0.9	14.0	5.4	7.7	1,800
硫 安・(生ワラ)	(5.3)	5.4	0.21	0.4	11.0	5.4	13.2	800
C D U・(生ワラ)	(6.2)	6.4	0.25	0.6	16.1	8.1	5.1	3,200
C D U 化 成	(6.1)	6.7	0.20	1.1	15.8	6.0	7.8	2,000
C D U - 2 (倍 量)	(5.5)	5.6	0.29	2.0	12.1	4.1	5.0	2,400

* pHおよびECはH₂O(1:2.5)にて測定



(試験方法) 前項の〔試験-2〕の硫安およびCDU連用区を2分し、それぞれに硫安、CDUを施用し、56年春に同様にしてハクサイを栽培して発病%を調査した。

(結果) 表-14に示した。硫安連用土壌にCDUを施用しても発病の抑制効果はみられず、硫安よりむしろ高い値となった。これは、〔試験-1〕の表-8の結果、即ち、CDUの施肥歴のない土壌では硫安区よりCDU区の発病%が高いことと同じであるが、今回の場合でも肉眼観察でCDU区のネコブ瘤が小さい傾向が認められているので、表-8と同様の抑制作用は発揮されていたも

のと推定される。

つぎに、CDU連用区にCDUを施用した場合全く発病がみられなかったのは前項の表-12の結果と同一であるが、硫安を施用しても12%の発病とはほぼ抑制されており、連用によるCDUの抑制効果はCDUが消失し、存在しない場合でも持続していることを明らかに示している。12%の発病が周囲からのネコブ菌の侵入による汚染によるものか、あるいは残存していた菌によるものかは明らかではないが、いずれにしてもCDUの連用によりネコブ病菌の菌密度が大幅に減少したことは明白である。

なお、この圃場試験は開始したばかりであり、今後も継続してCDUの抑制効果の持続性および効果の発現について引続き検討する予定である。

以上の圃場試験結果より、ネコブ病を施肥管理をして抑制する条件としては、細菌数を増加させ、糸状菌を増加させない様な資材(例えばCDU)の施用、pHの低下を防ぎ出来るだけ中性に保つこと、即ち、硝化によりpHの低下しやすい肥料(硫安、塩安など)の多量施用をひかえ、アルカリ資材を投入すること、肥料中の無機NH₄-Nの割合を少なくすること、有効な細菌を増加、定着させる為にはCDUなどの資材の連用が必要であること、糸状菌をも増加させる様な多量の天然有機物(例えば、堆肥、生ワラ)の施

表-14 硫安およびCDU連用土壌に硫安とCDUを施用した場合のハクサイ・ネコブ病の抑制効果

試験区	総株数	発病株数	発病%	地上部新鮮物重	
硫安連用区	硫安	24	15	54%	5.4 ^{Kg}
		28	13		
	CDU	28	19	76	5.6
		25	21		
CDU連用区	硫安	36	3	12	6.2
		39	6		
	CDU	30	0	0	6.8
		35	0		

(期間: 56.3.18 ~ 5.19)

用をひかえることなどが挙げられる。

2-5 要約

(1) *Fusarium oxysporum* に対する拮抗性について検討した結果；

(i) CDUの病害抑制効果はCDUの施用によって増加する細菌、即ち、CDUの分解に関与する細菌群が直接拮抗菌となって病原性糸状菌を抑制するものであることがほぼ明らかとなった。

(ii) これらの有効な拮抗菌はCDU連用土壌に於て顕著に増加している。

(2) CDUによって病害が抑制される具体的な条件についてネコブ病を対象にして検討した結果；

(i) 抑制効果は連用によって強化される。たとえCDUの施用が中断されても、あるいはCDUが消失したあとでもその効果は持続する(直ちには消失しない)。

(ii) CDU施用土壌では発病してもネコブの肥大が対照土壌に比べて小さいこと。即ち、発病後の病状の進展が抑制される傾向が認められた。

(iii) CDUの施用量には適量が存在すると考えられ、必ずしも多量施用によって抑制効果は増大しない。これは一つには土壌中の無機態窒素量と関連するものと推察される。

(iv) CDUの施用時期と播種(移植)までの期間も抑制効果に影響を及ぼし、播種と同時に7日前ぐらいいまでに施用した場合抑制効果は高いが、14日以上も経過すると効果は低減する。

(v) CDUのこの抑制効果はCDU施用土壌に於ける細菌数の増加およびB/F(細菌/糸状菌)の高まりと高い相関を有していることが認められた。

3. 総合考察

以上のようなCDUが病原性糸状菌に対して特異な抑制効果を発揮するのはその分解菌が細菌の中の限られた種類のものによるものと考えられる。CDUおよび土壌中での第1次の加水分解生成物であるOMHPの分解菌に関する現在までの研究により、その分解菌は細菌、なかでも *Pseudomonas* と *Coryneform* (*Corynebacterium* と *Arthrobacter*) が単離されている。

CDUの効果は他の一般的な有機物の効果と異なるのはまさにこの点であって、天然有機物が細菌をはじめ放線菌、糸状菌等広範囲の微生物によって分解されるのに対し、CDUは限られた細菌群によって分解される点に生物的防除に於ける特異な作用が存在すると思われる。

更に、CDU施用により細菌群が特異的に増加し、そ

の結果としてB/F(細菌/糸状菌)が高くなり、土壌を糸状菌型から細菌型へ変化させる作用のあることも拮抗菌の増加と相俟って根圏に於て病原性糸状菌の棲みにくい環境を作り出しているものと推定される。肥料としての通常の施用量でこの様な効果の認められるものは現在の所、CDU以外には報告されていないようである。

つぎに、CDUの肥効が緩効的であり、一時に多量の無機態窒素を作物が吸収しないことと、CDUの硝酸化成が特異的とも思える程速く、ほとんど $\text{NH}_4\text{-N}$ の蓄積がみられないことより、Huberd & Watson が Review “Nitrogen Form and Plant Disease” 中にまとめている様に *Fusarium* などは $\text{NH}_4\text{-N}$ により増加し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ により減少する傾向にあり、CDUのこの緩効的な無機化パターンも副次的に作用しているものと思われる。

ただし、本報の基礎試験および外部の試験結果からもCDUの施用のみでは必ずしも実用的に十分な抑制効果が得られていない場合も見受けられる。この点に関しては、3章の生物的防除の項で述べた様にCDUをはじめとする生物的防除そのものが農薬や蒸気殺菌による土壌微生物のすべてを殺菌するような効果とは本質を異にするものであって、いついかなる条件下であっても100%の防除効果を期待するまでの技術には至っていないし、汚染度の著しい場合には他の手段との併用が是非とも必要である。

しかし、CDU施用により基本的には土壌の微生物的環境が病害を起しにくい方向に進むことだけは間違いないと思われるし、また皆様にも理解していただけるものと思われる。

最後に、前章では根圏微生物のなかの拮抗菌としての *Pseudomonas* の役割に関する研究を引用したが、偶然にもCDU分解がこの *Pseudomonas* によってもおこなわれているということは当初予期しなかったことであり、まさに天の配剤と言えらる。

まだ今はCDUによる病害抑制に関する研究および試験を開始したばかりではあるが、CDUのこの特性を最大限に発揮させる条件を見出し、さらに分解菌(拮抗菌)との併用についても検討を行なって確実な病害抑制技術(Biological Control)を確立していきたいと考えている。

(おわり)