

堆きゅう肥の根圏局所施用によるアズキ落葉病の制御

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	新田, 恒雄 松口, 龍彦
巻/号	59巻2号
掲載ページ	p. 140-148
発行年月	1988年4月

堆きゅう肥の根圏局所施用によるアズキ落葉病の制御*

新田 恒雄**・松口 龍彦***

キーワード アズキ落葉病, 堆きゅう肥, 根圏局所施用, 根の糸状菌フロラ, 拮抗菌

1. はじめに

畑作物の根圏生態系に対する各種有機質資材の施用効果を解析したこれまでの一連の研究結果¹⁻⁴⁾から、堆きゅう肥や作物残渣などの粗大有機物には根群発達を促進し、根活力を増大する効果が大きいことが認められた。この効果の発現には、根に息息する糸状菌フロラの多様化や有機物からのエチレン生成にみられるように、根圏の微生物的緩衝力の増大や有機物から生成される根生長調節物質、などが関与していると推定された。粗大有機物が示すこのような効果は、土壤伝染性病害の生物的防除にも寄与するものと考えられる。そこで本報では、堆きゅう肥による土壤病害制御の可能性を、アズキ落葉病を対象に検討した結果を報告する。

アズキ落葉病は1970年に十勝地方を中心に大発生し、その後も冷害年を中心に発生を繰り返している⁵⁾。病原菌 (*Cephalosporium gregatum*) は土壤中での生存期間が長く、6年以上の作付間隔においても発病するため、生物的ないし耕種的防除法の開発が強く要望されている⁶⁾。完熟堆きゅう肥による土壤病害の制御は篤農家技術として知られているが、かなり多量の施用が必要のため、堆きゅう肥不足の現状では普及技術として必ずしも評価できない。そこで本研究では堆きゅう肥施用量の少量化を図るため、小型ペーパーポットを用いた“根圏局所施用法”について検討した。

2. 試験方法

1) 試験設計

試験Ⅰ. 落葉病発病ほ場における堆きゅう肥の作土全層施用の効果：試験を実施したほ場では、1978年に落葉病罹病アズキの茎葉を10a当たり170kgすき込み、1979年にはアズキを栽培し、落葉病の発生を確認した。以後、1980年～1982年の3カ年にはエンバクを均一栽培

した。このほ場において1982年の秋耕時にきゅう肥、パーク堆肥および落葉病罹病残渣堆肥を10a当たりそれぞれ5tすき込み、1983年に本試験を行った。供試したきゅう肥と罹病残渣堆肥は当農試において調製し、パーク堆肥は肉用牛肥育センター産(河東郡士幌町)を供試した。落葉病罹病残渣堆肥は以下のように調製した。落葉病に罹病したアズキ茎葉130kg、麦稈120kgおよびパレイショでん粉製造粕2.5tを交互に5層堆積し、各層間に畑地土壤を散布した。堆肥化は5月に開始し、これを冬期を除いて月1回程度繰り返し、1年半熟成した。供試した堆きゅう肥の化学的組成を第1表に示した。施肥量は豆類6号(N-P₂O₅-K₂O:4-13-10)を10a当たり100kgとした。試験規模は1区制、各区12m²とした。

試験Ⅱ. 連作ほ場における堆きゅう肥の根圏局所施用の効果：堆きゅう肥無施用でアズキ連作4年目のほ場(畑作部B-1)³⁾において、試験Ⅰで供試した3種類の堆きゅう肥を用い、その根圏局所施用効果を検討した。根圏局所施用方法は小型ペーパーポットに堆きゅう肥を充てんし、これに播種して栽培する方法であり、要するに、アズキ幼苗の根域に少量の堆きゅう肥を集中的に施用しようとするものである。具体的には、きゅう肥、パーク堆肥および罹病残渣堆肥のそれぞれと健全土(近年においてアズキ作付歴のないほ場の作土)とを現物重で等量混和した資材混合土を、直径3cm、長さ5cmのペーパーポット(日本甜菜製糖製, No. 2号半裁)に4cmの厚さに充てんし、ビニールハウス床で毎日灌水しながら2週間放置した。アズキ種子をペーパーポット当たり2粒播種し、健全土で覆土した後、あらかじめ施肥したほ場に埋め込み、さらに覆土した。試験区としては、ペーパーポットに健全土のみまたは病土(連作土壌)のみを充てんした区、およびペーパーポットを用いない直播栽培区も配置した。施肥量は試験Ⅰと同じとし、試験規模は1区制、各区6.5m²とした。

試験Ⅲ. 農家ほ場における堆きゅう肥の根圏局所施用の効果：淡色黒ボク土、厚層腐植質多湿黒ボク土、および褐色低地土の3種類の土壌型の農家ほ場(いずれも河西郡芽室町)において、落葉病感染および生育収量に及

* 有機物施用による畑作物の根圏生態系の改善(第5報)

** 北海道農業試験場(082 北海道河西郡芽室町新生)

*** 北海道農業試験場(現在、農業研究センター 305 つくば市観音台)

昭和62年4月16日受理

日本土壤肥科学雑誌 第59巻 第2号 p.140~148 (1988)

第1表 供試した堆きゅう肥の化学的組成

	pH	全炭素	全窒素	C:N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
きゅう肥	7.2	23.5	2.4	9.9	1.3	2.8	0.9	0.4
バーク堆肥	7.3	19.6	1.6	12.5	1.3	2.1	3.1	1.4
罹病残渣堆肥	7.3	18.8	1.9	9.8	0.6	1.2	3.0	1.1

pH, C:Nを除いた各項目は乾物中%で示した。

ほす堆きゅう肥根圏局所施用の効果を調べた。具体的には、耕起・施肥後の農家は場の一部に、試験Ⅱと同様に調製済みのペーパーポットを埋設した。ペーパーポットへの充てん資材には試験Ⅱで用いた3種類の堆きゅう肥混合土および健全土を用いた。対照区は同一は場内の直播栽培のところとした。試験規模は1区制、各区26m²とした。

2) 調査方法

(1) 落葉病感染率：一般に、落葉病菌は播種1カ月後の6月下旬に根に感染し、7月下旬には主茎の地際到達し、さらに主茎の維管束を上昇して、8月上旬～下旬の開花期から莢伸長期に葉柄に達し、落葉をもたらす。感染した維管束は褐色、赤褐色、あるいは紫褐色に変色する⁷⁾。したがって、開花期から収穫期にかけて主茎地際を切断し、維管束を肉眼あるいは低倍率ルーペで観察し、維管束褐変個体を感染個体とした。また、主茎維管束中での病原菌の上昇程度を分枝基部の褐変率あるいは主茎節の褐変節位により調査した。調査は試験Ⅰでは6株、試験Ⅱでは5株、試験Ⅲでは40株で行った。

(2) 根の糸状菌フロア：第2報と同様に、HARLEYとWAIDの根連続洗浄法⁸⁾に準じて根に生息する菌糸態糸状菌フロアを属レベルで調査し、その多様性指数を次に示すBRILLOUINの式⁹⁾によって求めた。

$$\text{多様性指数} = 1/N \cdot \log(N!/N_1! \cdot N_2! \cdots N_s!)$$

ただし、Nは総分離菌株数、N_sは各属の分離菌株数。

また、ペーパーポットの内部、外部の根の糸状菌フロアの類似性指数を次に示すMORISHITAの式^{10,11)}によって求めた。

$$\text{類似性指数} = \frac{2 \sum_{i=1}^{\infty} n_{1i} \cdot n_{2i}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_1 \cdot N_2}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} n_{1i}(n_{1i}-1)}{N_1(N_1-1)}, \quad \lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} n_{2i}(n_{2i}-1)}{N_2(N_2-1)}$$

ただし、n_{1i}、n_{2i}はそれぞれペーパーポット内部、外部の根から分離されたiという属の菌株数、N₁、N₂はペーパーポット内部、外部の根から分離された総菌株数。

(3) 堆きゅう肥および土壌からの落葉病拮抗菌の検出：きゅう肥、バーク堆肥、落葉病罹病残渣堆肥、および淡色黒ボク土、厚層腐植質多湿黒ボク土、褐色低地土か

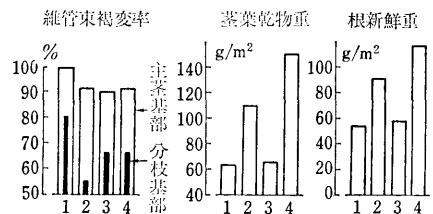
ら、アルブミン寒天培地¹²⁾を用いた希釈平板法により細菌、放線菌を分離し、純化した。なお、淡色黒ボク土は試験Ⅱの連作区および輪作区作土を、厚層腐植質多湿黒ボク土および褐色低地土は試験Ⅲの作土をそれぞれ分離源とした。これらの分離菌の拮抗性を判定するため、まず、落葉病菌の分生子希釈懸濁液(4×10⁵/ml)1mlをペトリ皿に入れ、パレイショ・デキストロース寒天培地m²(PDA)を分注固化した。この培地平板の中央に純化した分離菌を画線塗抹し、分離菌による生育阻止円の形成の有無により抗菌性を判定した。

(4) 生育収量調査：各区5株を採取し、茎葉新鮮重および乾物重、根新鮮重を測定した。収量調査は各区40～50株で行い、15%水分相当量で子実収量とした。

3. 結果

1) アズキ落葉病に対する堆きゅう肥の施用効果(試験Ⅰ)

試験Ⅰのは場は1979年に落葉病の発生を確認してから3年経過したが、第1図に示すように登熟期の病原菌感染率(主茎地際の維管束褐変率)は対照区では100%に達し、発病は場であることを確認した。堆きゅう肥施用区での病原菌感染率は90%前後に低下し、さらに分枝への病原菌の侵入程度を分枝基部の褐変率で調べた結果でも、堆きゅう肥施用によって分枝への侵入は明らかに減少した。それに対応してきゅう肥区、罹病残渣堆肥区では茎葉重、根重とも増大した。各資材の効果を比較すると、病原菌感染率の低下にはきゅう肥、バーク堆肥、罹病残渣堆肥のいずれもが、生育の促進にはきゅう肥と



第1図 アズキ落葉病発病は場における落葉病発生に対する堆きゅう肥施用効果(登熟期に調査) 1, 対照区; 2, きゅう肥区; 3, バーク堆肥区; 4, 罹病残渣堆肥区。

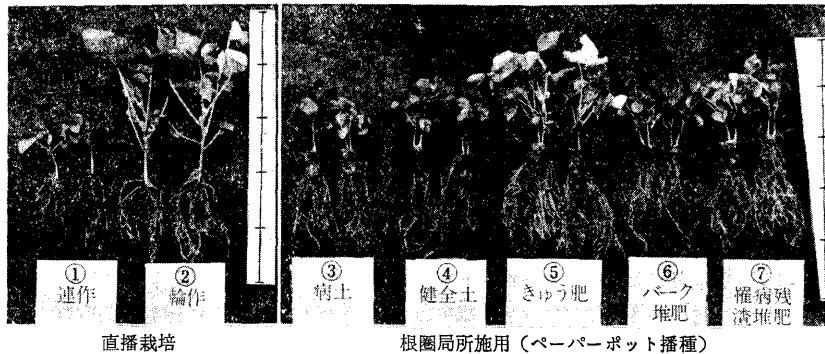


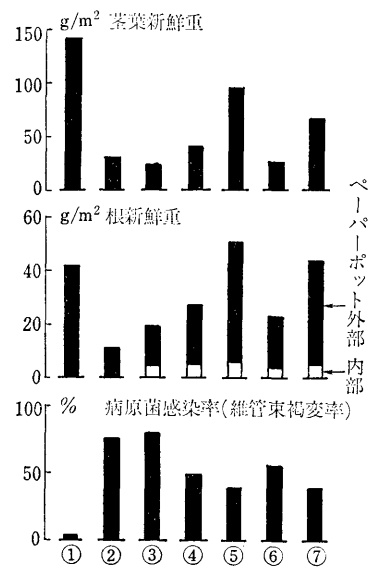
写真1 連作ほ場における堆きゅう肥の根圏局所施用によるアズキ生育の促進(試験Ⅱ, 開花期)

罹病残渣堆肥が効果を示した。なお、試験実施当年は冷湿害に見舞われたので、堆きゅう肥の増収効果についての検討は省略した。

2) 連作ほ場での堆きゅう肥の根圏局所施用の効果 (試験Ⅱ)

試験Ⅰにより、10 a 当たり 5 t の多量施用ではあるが堆きゅう肥に病原菌感染抑制作用のあることが認められたので、試験Ⅱでは重度の落葉病感染ほ場である連作4年目のアズキほ場で、アズキ幼苗の根域に少量の堆きゅう肥を集中施用する根圏局所施用法の効果を検討した。写真1に開花期の生育を示したが、供試した連作ほ場(①)では落葉病を主体とする強度の生育障害が発生し、輪作ほ場(②)に比べて生育が著しく劣っていた。局所施用区の生育を直播栽培区と比較すると、写真1および第2図に示したように、ペーパーポットに病土(連作土壌)を充てんした区(③)のアズキの生育は直播栽培区(①)と同じく劣ったが、健全土(④)あるいは堆きゅう肥混合土を充てんした区(⑤, ⑦)では生育が増大した。とくに、きゅう肥充てん区や罹病残渣堆肥充てん区ではペーパーポットの外部、すなわち、堆きゅう肥が施用されていない連作土壌中においても根の展開が著しく旺盛となり、根重は輪作区と同等ないしそれ以上になった。病原菌感染率も病土充てん区では直播栽培区と同等以上であったが、きゅう肥充てん区や罹病残渣堆肥充てん区では明らかに低下した。

次に、根に菌糸態で生息している糸状菌のフロアを連作・輪作、ペーパーポット内部・外部、および病原菌感染率などとの関係で比較検討した。まず、直播栽培の輪作ほ場と連作ほ場の根の糸状菌フロアを比較すると、第2表に示すように輪作ほ場では *Fusarium* が 80% を占めたが、同時に *Cylindrocarpon*, *Gliocladium*, *Penicillium*, *Rhizoctonia* など、分離頻度は低いと比較的多



第2図 連作ほ場における堆きゅう肥の根圏局所施用によるアズキ落葉病の抑制(試験Ⅱ, 開花期に調査)

① 輪作ほ場直播栽培区, ② 連作ほ場直播栽培区, ③ 連作ほ場病土充てん区, ④ 連作ほ場健全土充てん区, ⑤ 連作ほ場きゅう肥充てん区, ⑥ 連作ほ場パーク堆肥充てん区, ⑦ 連作ほ場罹病残渣堆肥充てん区。

くの種類の糸状菌が分離された。連作ほ場では分離した菌株の 97% が *Fusarium* で、極めて単純なフロアであった。

次に、連作ほ場の根圏局所施用区の根の糸状菌フロアを比較すると、ペーパーポットの外に伸長した根の糸状菌フロアは、病土充てん区では *Fusarium* の分離頻度が 90% にも達し、単純なフロアとなっていた。健全土充てん区では *Fusarium* の分離頻度は 77% で、病土充てん

第2表 アズキの根圏糸状菌フロラに及ぼす堆きゅう肥の根圏局所施用の影響 (数字は属別の分離菌株数)

属名	直播栽培		根圏局所施用(ペーパーポット播種)										
	輪作	連作	病土		健全土		きゅう肥		パーク堆肥		罹病残渣堆肥		
			内*	外*	内	外	内	外	内	外	内	外	
<i>Mortierella</i>	1		2					2					
<i>Zygorhynchus</i>			2										
<i>Chaetomium</i>		1	7	1	4	1	1	1	7	2	1	3	
<i>Acremonium</i>	1												
<i>Cylindrocarpon</i>	3					2		6		7		4	
<i>Fusarium</i>	57	68	17	74	28	57	21	46	16	48	12	59	
<i>Gliocladium</i>	2	1	3				2			1	8	1	
<i>Humicola</i>			3								6		
<i>Paecilomyces</i>			3		1	1	3		1		2		
<i>Papulaspora</i>	1												
<i>Penicillium</i>	2		52	2	36	3	49	14	17	4	26	11	
<i>Periconia</i>				1		2						1	
<i>Rhizoctonia</i>	2			1	1	1					19	2	
<i>Trichoderma</i>			1		1	1	3		32	5	2		
Hyphomycetes							1						
<i>Pyrenochaeta</i>	1		1	2	1	5	1	6	2	3			
Sphaeropsidales	1				1							1	
Sterile hyaline	1												
Sterile dark			1	1			2	3		2		1	
Sterile dark			2						1		2		
Sterile dark						1							
総分離菌株数	72	70	94	82	73	74	83	78	76	72	78	83	
多様性指数	0.354	0.053	0.603	0.178	0.455	0.371	0.481	0.507	0.579	0.474	0.696	0.414	
類似性指数			0.308		0.647		0.646		0.509		0.445		

* ペーパーポットの内部, 外部を示す.

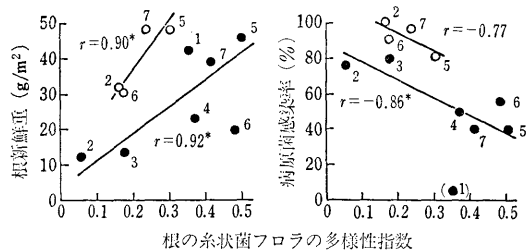
区よりも少なく, その他 *Pyrenochaeta*, *Penicillium*, *Acremonium*, *Periconia* なども分離され, 病土充てん区に比べてフロラが多様化する傾向がみられた. 堆きゅう肥充てん区では, *Fusarium* の分離頻度が 60~70% 程度で, 連作直播栽培区 (97%), 病土充てん区 (90%) はもちろん, 健全土充てん区 (77%) に比べても低く, その他 *Penicillium*, *Cylindrocarpon*, Sterile dark なども検出され, 堆きゅう肥が施用されていないポット外部においてもフロラが多様化している傾向がみられた. 各試験区が多様性指数は病土充てん区<健全土充てん区<堆きゅう肥充てん区の順となった.

ペーパーポット内部の根の糸状菌フロラを比較すると, いずれも *Penicillium*, *Fusarium* が優占し, パーク堆肥充てん区では *Trichoderma*, 罹病残渣堆肥充てん区では *Rhizoctonia* の分離頻度も高かった. その他に分離頻度は低いが多くの種類の糸状菌も分離され, いずれの試験区でもポット内部のフロラは外部よりも多様性に富んでいた.

ペーパーポット内部と外部の糸状菌フロラを対比する

と, 病土充てん区に比べて, 堆きゅう肥充てん区では分離される種類が似通っているなど, フロラが類似している傾向がみられた. そこで, ポット内部と外部の糸状菌フロラの類似性^{10,11)}を調べた結果, 第2表に示すように病土充てん区に比べ, 健全土充てん区や堆きゅう肥充てん区では両者の類似性指数が明らかに高く, ポット内部の根の糸状菌フロラが外部の根にも強く反映しているという結果がえられた.

次に, ポット外部の根の糸状菌フロラが多様性指数と根群発達および落葉病菌感染率との関係を見ると, 第3図に示すように試験年次にかかわらず根重とは正の相関, 病原菌感染率とは負の相関を示すことが確認された. このように, ペーパーポット内部への堆きゅう肥の局所施用がポット外部へ伸展した根のフロラを多様化し, 病原菌感染率を低下させるといふ興味ある結果がえられ, ペーパーポット内部への堆きゅう肥の局所施用により, その後外部に進展した根の根圏微生物フロラを長期にわたり制御しうる事が示された.



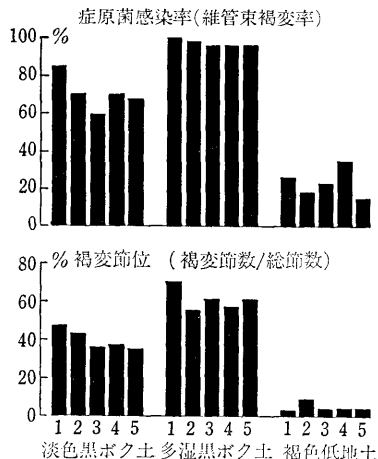
第3図 根の糸状菌フロラの多様性指数と根重および落葉病原菌感染率との関係(試験Ⅱ)

●, 1983年; ○, 1984年.

1, 輪作ほ場(直播栽培); 2, 連作ほ場(直播栽培); 3, 病土充てん区; 4, 健全土充てん区; 5, きゅう肥充てん区; 6, パーク堆肥充てん区; 7, 罹病残渣堆肥充てん区.

3) 農家ほ場における堆きゅう肥の根圏局所施用の効果(試験Ⅲ)

重度の発病ほ場である連作ほ場でえられた上記の根圏局所施用の効果が、軽度の発病ほ場とみなされる農家ほ場でもえられるかどうかを土壤の種類異なる3個所の農家ほ場で調査した。第4図に示すように、病原菌感染率は、病原菌感染率の低かった褐色低地土のは場を除いて、堆きゅう肥の根圏局所施用によって低下した。また、主茎維管束内での病原菌の上昇程度も低下し、堆きゅう肥による感染および発病抑制効果が認められた。アズキの生育を第5図に示したが、局所施用によって生育初期から開花期以降まで長期にわたり茎葉重、根重が増加し、増収がえられた。増収率は淡色黒ボク土と褐色低地土では2~8%, 厚層腐植質多湿黒ボク土では24~30

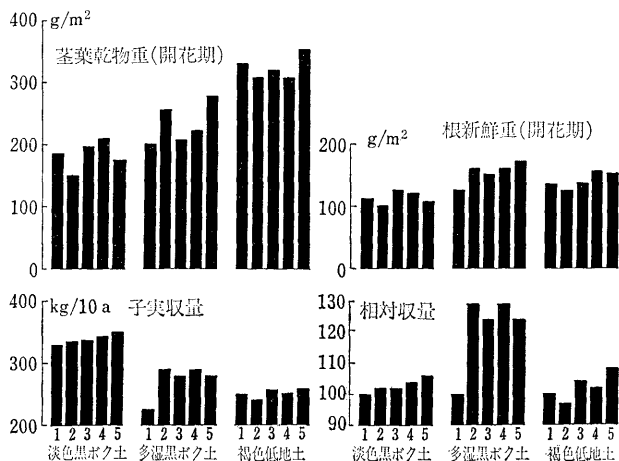


第4図 農家ほ場における堆きゅう肥の根圏局所施用による病原菌感染の抑制(試験Ⅲ, 収穫期に調査)

1, 対照区; 2, 健全土充てん区; 3, きゅう肥充てん区; 4, パーク堆肥充てん区; 5, 罹病残渣堆肥充てん区.

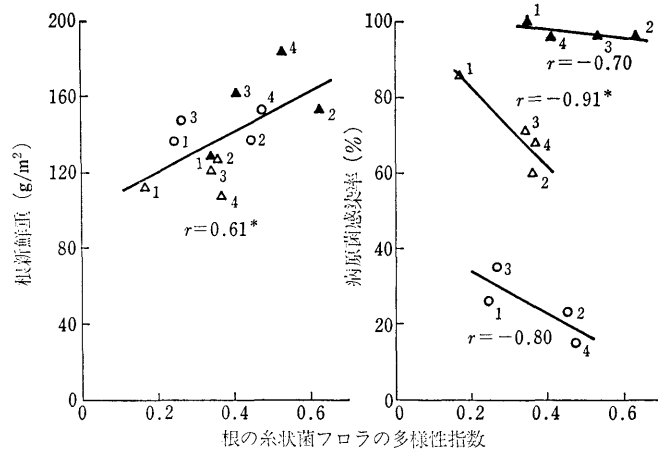
%にも達した。また、資材間で比較すると、概して罹病残渣堆肥の局所施用効果が大きかった。

次に、根の糸状菌フロラの多様性指数と根重、病原菌感染率との関係を調べた結果、第6図に示すように、糸状菌フロラの多様性指数は根重とは正の相関が、また、病原菌感染率とは負の相関がえられた。このように、軽度の発病ほ場とみなされる農家ほ場においても堆きゅう肥の根圏局所施用により糸状菌フロラの多様化、病原菌の感染抑制と根群発達の促進など、前述の連作ほ場と同



第5図 農家ほ場における堆きゅう肥の根圏局所施用によるアズキの生育収量の促進(試験Ⅲ)

1, 対照区; 2, 健全土充てん区; 3, きゅう肥充てん区; 4, パーク堆肥充てん区; 5, 罹病残渣堆肥充てん区.



第6図 根の糸状菌フロアの多様性指数と根重および落葉病病原菌感染率との関係(試験Ⅲ)
○, 褐色低地土; △, 淡色黒ボク土; ▲, 厚層腐植質多湿黒ボク土。
1, 対照区; 2, きゅう肥充てん区; 3, パーク堆肥充てん区; 4, 罹病残渣堆肥充てん区。

様の効果が認められた。

4) 堆きゅう肥および土壌から分離した菌の落葉病菌に対する拮抗性

堆きゅう肥による感染抑制には、堆きゅう肥とともに土壌あるいはアズキ根圏に接種された拮抗微生物が関与した可能性も検討しなければならない。そこで、堆きゅう肥および土壌から分離した細菌、放線菌の落葉病菌に対する抗菌性を調べた。第3表および第4表に示すように、供試したきゅう肥、パーク堆肥、罹病残渣堆肥のいずれからも拮抗菌が検出され、とくに、罹病残渣堆肥からはきゅう肥、パーク堆肥に比べて拮抗性細菌、放線菌が分離頻度、資材中の菌数とも多い結果がえられた。供試土壌には拮抗性細菌は検出されなかったが、拮抗性放

第3表 堆きゅう肥から分離した菌の落葉病菌に対する抗菌性

	きゅう肥		パーク堆肥		罹病残渣堆肥	
	細菌	放線菌	細菌	放線菌	細菌	放線菌
菌数 (10 ⁶ /g)	156	38	335	23	533	256
拮抗菌率 (%)	1	22	0	21	5	25
拮抗菌数 (10 ⁶ /g)	1.6	8.4	—	4.8	26.7	64.0

線菌が検出され、その菌数は淡色黒ボク土のアズキ連作土壌や厚層腐植質多湿黒ボク土など病原菌感染率の高い土壌のほうが(第2図、第4図に病原菌感染率を示す)、淡色黒ボク土輪作土壌や褐色低地土など感染率の低い土壌に比べて多い傾向がみられた。

4. 考 察

野菜畑だけでなく、普通畑においても土壌伝染性病害による生育阻害が大きな生産阻害要因となっている。本報では堆きゅう肥のもつ根の糸状菌フロアの多様化や根群発達促進効果を効率的に発揮させる少量施用法の開発を目的として、小型ペーパーポットを用いた堆きゅう肥の根圏局所施用方法を重度および軽度のアズキ落葉病発病は場で試みた。その結果、いずれのは場においても、病原菌感染率の明らかな低下(第2図、第4図)、堆きゅう肥の施用されていないペーパーポット外部での根群発達の促進(第2図、第5図)、生育収量の増大(第2図、第5図)が認められ、根圏局所施用が落葉病の制御に有効な手段であることが判明した。

ペーパーポット外部に伸長した根の糸状菌フロアの多

第4表 土壌から分離した菌の落葉病菌に対する抗菌性

	淡色黒ボク土(試験Ⅱ)				腐植質多湿黒ボク土(試験Ⅲ)		褐色低地土(試験Ⅲ)	
	連作		輪作		細菌	放線菌	細菌	放線菌
	細菌	放線菌	細菌	放線菌				
菌数 (10 ⁶ /g)	26	12	55	10	56	9	63	2
拮抗菌率 (%)	0	10	0	0	0	15	0	10
拮抗菌数 (10 ⁶ /g)	—	1.2	—	—	—	1.4	—	0.2

様性指数が健全土充てん区や堆きゅう肥充てん区で輪作区(直播栽培)と同等ないしはそれ以上の値を示し、しかも、根重と正の、落葉病感染率と負の相関を示した第3図、第6図の結果は、糸状菌フロアの多様性が病原菌感染の抑制に大きく関与することを示している。ペーパーポット内部・外部の根の糸状菌フロアを対比した結果、病土充てん区では内部と外部のフロアの類似性は低かったが、堆きゅう肥充てん区ではその類似性が高く、かつ、ポット外部のフロアの多様性指数も高く維持された(第2表)。この結果は、堆きゅう肥を施用することによって、幼苗期にポット内部で根に定着した糸状菌フロアがポット外部に伸長した根にも定着してフロアを多様化し、それによって根圏の微生物的緩衝力が増大し、土壌から根への病原菌の感染が抑止されたことをうかがわせる。

感染抑制の要因としては、また、病原拮抗菌の関与も看過できない。感染抑制効果が大きかった罹病残渣堆肥から拮抗菌が比較的多く検出された事実はその可能性を示している。根圏での拮抗菌の増殖と病原菌感染の抑制は、同時に糸状菌フロアの多様性を増大させる要因でもあろう。

このような現象は、幼苗期の根圏微生物フロアを管理することによって、その後の根の微生物フロアを制御し、病原菌の感染抑制や健全根の発達を促進しうること示すものであり、堆きゅう肥の根圏局所用法が成立する根拠もここにあるといえよう。ここでいう根圏局所用法は根圏全体への堆きゅう肥の施用ではなく、幼苗の根域に局所的に施用することによって根系全体の微生物フロアを改善しようと意図するものである。試験結果からそれがほぼ実証されたので、この方法を根圏局所用法と名付けた。この方法によれば、本試験における堆きゅう肥必要量は10a当たりわずか140kg程度と計算されるので、有効かつ良質の堆きゅう肥が安定的に供給されれば、その実用性は極めて高い。

パパイヤ根腐れ病の発生が改植点を中心として直径30cm、深さ10cmの部位をパパイヤ未作付土壌で客土するだけで改植1年後でも抑制された結果¹³⁾や、カブの根こぶ病に対して乾燥牛ふん混合土壌を充てんしたペーパーポット栽培が著しい発病軽減効果を示した結果¹⁴⁾などは、本試験結果と同様、生育初期の根圏微生物フロアの改善が土壌病害の制御に有効なことを示しており、また、その制御に育苗培土の良否が大きく影響することを示している。

試験I、IIおよびIIIを通じて、落葉病罹病残渣堆肥のほうきがきゅう肥やバーク堆肥よりもむしろ勝れた落葉病

抑制効果を示した結果は極めて興味深い。青田ら¹⁵⁾は落葉病罹病残渣でも19カ月に及ぶ長期の熟成期間をかけて堆肥化すれば、病原菌は死滅して施用可能となることを報告している。しかし、本報の結果は完熟した罹病残渣堆肥が単に無害な堆肥となるばかりか、病害抑制に有効な拮抗菌資材となることを示している。輪作周期の短縮や連作の増加に伴って、収穫残渣は程度の差はあれ罹病残渣といっても過言ではない。それを畑地へ直接すき込むことは、極言すれば病原菌接種となりかねない。落葉病発生歴のない畑で、残渣すき込みによって落葉病が発生した例もあり¹⁶⁾、残渣処理は現場が抱える深刻な問題となっている。したがって、堆肥化によって病原性が消失するばかりか病害抑制機能が付与されるとすれば、収穫残渣の活用に新しい道を拓くものといえよう。

5. 要 約

堆きゅう肥による作物根系および根圏微生物フロアの改善効果を活用した土壌病害制御の可能性、およびその機能を少量で発揮させるために考案した根圏局所用法についてアズキ落葉病を対象にほ場試験で検討し、以下の結果をえた。

1) アズキ落葉病発病ほ場において、きゅう肥、バーク堆肥、落葉病罹病残渣堆肥をそれぞれ10a当たり5tの割合ですき込み施用した結果、病原菌感染率の低下と生育の増大が認められ、供試したこれらの資材には落葉病抑制機能のあることを見出した。

2) この機能を効率的に発現させる少量用法を検討するため、小型ペーパーポット(直径3cm、長さ5cm)に土壌と堆きゅう肥の混合物(1:1 w/w、生重)を充てんし、それに播種してほ場に埋め込む“根圏局所用法”を、重度の落葉病発病ほ場であるアズキ連作ほ場で試みた。その結果、上記の各種堆きゅう肥充てん区では堆きゅう肥が施用されていないペーパーポット外部の土壌中でも根の発達が著しく旺盛となり、病原菌感染率も低下し、地上部生育の増大がえられた。病原菌感染率の低下は罹病残渣堆肥で大きかった。

3) 病土充てん区ではペーパーポット外部の根の糸状菌フロアは極めて単純であったが、堆きゅう肥充てん区では多様性に富み、しかも、ポット内部の根の糸状菌フロアと高い類似性を示すなど、幼苗期にポット内部で根に定着した糸状菌フロアが外部の根にも定着したと推定された。ポット外部の根の糸状菌フロアの多様性指数は根重と正の、病原菌感染率とは負の相関を示した。

4) 土壌の種類異なる3個所の農家は場堆きゅう肥の根圏局所用法を実施した結果でも、ほぼ同様の効

果がえられた。これら農家は軽度の発病ほ場であり、根圏局所施用が発病程度にかかわらず有効であることが実証された。

5) 用いたきゅう肥、パーク堆肥および罹病残渣堆肥からは病原菌に対する拮抗菌が検出された。検出頻度および菌数は罹病残渣堆肥で比較的多く、罹病残渣は堆肥化することによって有効な拮抗菌資材になることが示された。

6) 本試験の根圏局所施用では堆きゅう肥の必要量は10a 当たりわずか140kg 程度に過ぎず、実用性の高い施用法であることを確認した。

謝辞 本研究の推進にあたり、昆 忠男氏および片岡健治氏（北海道農業試験場）にはとりまとめに際しご協力をいただいた。また、現地試験の実施にあたり、十勝中部地区農業改良普及所および関係農家にはご協力をいただいた。心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) 松口龍彦・新田恒雄：有機物施用による畑作物の根圏生態系の改善(第1報)、きゅう肥、作物残渣の施用が畑作物の根群発達および生育に及ぼす影響、土肥誌、**58**, 653~660 (1987)
- 2) 松口龍彦・新田恒雄：有機物施用による畑作物の根圏生態系の改善(第2報)、きゅう肥、作物残渣の施用が畑作物の根群発達および根の糸状菌フロラに及ぼす影響、同上、**58**, 661~670 (1987)
- 3) 松口龍彦・新田恒雄：有機物施用による畑作物の根圏生態系の改善(第3報)、連作に伴う根の糸状菌フロラの変動と根群発達に及ぼす堆きゅう肥施用効果、同上、**59**, 1~11 (1988)
- 4) 新田恒雄・松口龍彦：有機物施用による畑作物の根圏生態系の改善(第4報)、有機質資材の調製・施用方法と畑作物の根群発達および根の糸状菌フロラに及ぼす効果との関係、同上、**59**, 12~20 (1988)
- 5) 十勝病害虫防除所：十勝管内農作物病害虫発生程度別面積調査結果、p.22~23 (1985)
- 6) 土屋貞夫・赤井 純：アズキ落葉病発生原因の解析、北日本病害虫研報、**28**, 7 (1977)
- 7) 土屋貞夫・赤井 純：十勝地方における小豆落葉病の発生消長、同上、**25**, 30 (1974)
- 8) HARLEY, W. B. and WAID, J. S.: A Method of Studying Active Mycelia on Living Root and Other Surface in the Soil. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **38**, 104~118 (1955)
- 9) PIELOU, E. C.: Ecological Diversity and Its Measurement; *In Mathematical Ecology*, p. 299~307, Wiley-Interscience Publication, New York (1977)
- 10) MORISHITA, M.: Measuring of Interspecific Association and Similarity between Communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Ser. E (Biol.), **3**, 65~80 (1960)
- 11) 中村好男：永年草地における土壌動物相、草地試研報、**4**, 16~23 (1973)
- 12) 土壌微生物研究会：培地組成と作り方、土壌微生物実験法、p.431~443、養賢堂、東京 (1975)
- 13) Ko, W. H.: Biological Control of Seedling Root Rot of Papaya Caused by *Phytophthora palmivora*. *Phytopathology*, **61**, 780~782 (1971)
- 14) 清水寛二：ペーパーポット利用によるカブ根こぶ病の耕種的防除法、植物防疫、**37**, 319~322 (1983)
- 15) 青田彦彦・赤井 純・村井信仁：アズキ落葉病罹病茎葉堆肥化での病原菌活性変動、日植病報、**46**, 103 (1980)
- 16) 赤井 純：アズキの連作障害と土壌病害、地力維持・連作障害克服のための畑地管理技術指針、農林水産技術会議編、p.218~223 (1984)

Organic Amendment to Upland Soil as a Conditioner of the Rhizosphere Ecosystem (Part 5)

Biological Control of Brown Stem Rot of Adzuki Beans through an Organic Amendment to the Seedling Rhizosphere

Tsuneo NITTA and Tatsuhiko MATSUGUCHI*

(Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn., *present address, Natl. Agric. Res. Cent.)

Biological control of brown stem rot of adzuki beans, a soil-borne disease caused by *Cephalosporium gregatum*, through an organic amendment to the seedling rhizosphere was investigated. In the experiments, farmyard manure (FYM), bark compost (BC), and compost made of the diseased stem (CDS) were used. Results were summarized as follows.

1) In a preliminary experiment, each of FYM, BC, and CDS at the rate of 50 t/ha was ploughed into a diseased monocropping plot on light-colored Andosol. These materials depressed the incidence of brown stem rotting and stimulated the plant growth. Among the materials, FYM and CDS retained higher ability of the disease control and of plant growth stimulation.

2) For setting up a feasible technique of organic amendment with a necessary but minimum amount of organic material, a rhizosphere application technique was examined in the following way.

Small paper pots, 3cm in diameter and 5cm in length, were packed with any of the diseased soil, a sound soil, and the sound soil mixed with any of FYM, BC, and CDS (1:1 w/w), and then planted with adzuki bean seeds. Then the pots were transferred into a field heavily infected with the pathogen. In the paper pots with organic amendment, the root development was markedly stimulated, and growth of adzuki beans was significantly increased also.

3) When the paper pots with organic amendment were applied, root mycoflora outside the pot became not only higher in diversity, but also higher in similarity to those inside the pot, even at the flowering stage. Diversity of root mycoflora as expressed by Brillouin's index was negatively correlated with the incidence of disease, and positively with the root weight.

4) The rhizosphere application technique was also examined in farmers' lightly infected fields on three types of soil. The results demonstrated a significant depression of disease incidence, resulting in stimulation of plant growth and yields. The higher the index of diversity of root mycoflora, the less the incidence of disease and the greater the root weight.

5) Actinomycetes and bacteria antagonistic to the pathogen were isolated from the organic materials—the most abundant antagonists being from CDS. This result indicates that the compost made of diseased crop residues could be the biocontrol agent.

6) An amount of the organic materials used for the rhizosphere application in the experiment was as small as 1.4 t/10 a.

Key words brown stem rot, organic amendment to seedling rhizosphere, root mycoflora, antagonists

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **59**, 140-148, 1988)