

博士（農 学） 奥 村 正 敏

学 位 論 文 題 名

十勝地方における連輪作土壤の微生物特性とインゲン根腐病の  
生態的制御に関する土壤肥料学的研究

学位論文内容の要旨

生態系調和型農業を推進するためには、土壤環境を良好にして地力を高めたいわゆる「健全な土壤」を作ることが重要である。輪作は畠土壤生態系を活用した多面的機能を持つ有用な土壤管理技術である。特に輪作による微生物的な活性、緩衝能および拮抗能の向上は、畠地力の維持増強をもたらす。本研究は輪作作物の生産性を向上させるための基礎資料を得ることを目的とし、各種作付様式が土壤微生物活性および微生物相などの土壤微生物特性と作物生産性におよぼす影響を明らかにするとともに、輪作年限の短縮によって根腐病が増加し著しく減収するインゲンマメを対象として、インゲン根腐病発生下の土壤微生物特性と本病の関係を解明し、土壤微生物環境の改変によるインゲン根腐病の生態的制御法を土壤肥料学的見地から検討した。得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 連輪作土壤の微生物特性

北海道十勝地方の主要畠作物であるテンサイ、バレイショ、インゲンマメ、コムギを供試して、輪作年限と前後作の作付組み合わせを異にした連輪作試験を実施し、各種作付様式における収量性ならびに土壤微生物特性の変動を評価した。

(1) 淡色黒ボク土における収量反応からみた適正な輪作年限はインゲンマメとテンサイで4年以上、バレイショとコムギで3年以上であり、交互作および2~10年間の連作による平均減収率はインゲンマメで最も大きく、以下、コムギ>バレイショ>テンサイであった。インゲンマメの著しい減収は、主にインゲン根腐病に起因した。

(2) 前作物が後作物の収量におよぼす影響は、輪作年限の影響と比較してバレイショでは大きく、インゲンマメではやや小さく、テンサイ、コムギでは小さかった。テンサイ、コムギを前作物にした場合には、後作物への増収効果が大きく、これらの作物を作付様式に組み入れた場合には作付様式全体の収量性が増加した。したがって作付様式を決める際には、個々の作物の適正な輪作年限とともに作付組み合わせをも十分考慮する必要がある。

(3) 根系分布および根圈微生物活性と根圈効果が異なる各作物が輪作に導入されることによって、まず当作物栽培土壤の根圈微生物活性が変動し、さらに分解特性の異なる前作残渣が圃場に還元されることによって後作土壤の微生物活性が変動した。

(4) 各作物において輪作年限を短縮した場合の、微生物バイオマス量、土壤呼吸量およびフオスファターゼ活性、セルラーゼ活性などの酵素活性で示される土壤微生物活性は、テンサイで高まり、バレイショ、インゲンマメでは経年に低下し、コムギでは一旦低下した後、上昇に転じ、各作付様式においてはこれらの作物の組み合わせによって土壤微生物活性が増

減した。前作物がテンサイの場合には主に後作で、コムギの場合にはこれを含む作付様式全体で長期的に、それぞれ土壌微生物活性が高まった。

(5)輪作年限短縮による減収率の大きい作付様式においては、微生物基質として圃場に還元される作物残渣量が減少した。その結果、上記の土壌微生物活性の低下率が大きく、インゲンマメ連作土壌では4年輪作土壌の70%程度まで低下した。

## 2. 土壌微生物特性がインゲン根腐病の発生におよぼす影響

(1)インゲンマメの連作および短期輪作土壌においては、細菌数の減少と糸状菌数の増加が認められ、中でも *Fusarium* 属菌が増加した。この微生物相の変化と前述した微生物活性の低下がインゲン根腐病の発生強度に関与することを、土壌微生物活性が異なる土壌における接種試験で確認した。

(2)インゲン根腐病は交互作ではかなり軽減されたが、交互作物によって抑制効果に差があり、抑制効果はテンサイで大きく、コムギでは当初それほど大きくなかったが交互作を継続することにより経年に大きくなった。この場合、前作残渣の構成成分の差異による分解の難易および還元量の違いが、後作土壌の微生物活性および微生物相の変化をもたらし、いわゆる一般的拮抗作用によって根腐病が抑制されたものと推察した。

(3)連作土壌においては連作7年目以降にインゲン根腐病の衰退現象が認められ、根腐病菌に対する拮抗菌の割合が高い蛍光性 *Pseudomonas* 属菌の増加が本病の衰退現象と一致し、本菌の拮抗能も連作年数に対応して増大した。このような特異的拮抗作用は、インゲンマメとテンサイとの交互作における根腐病の抑制効果においても存在した。

## 3. インゲン根腐病の生態的制御

(1)土壌の種類を異にした連作試験の結果、インゲン根腐病の発生は淡色黒ボク土、褐色低地土で多く、多湿黒ボク土、灰色台地土で少なかった。

(2)インゲン根腐病の発病抑止性とその土壌間差異には、土壌微生物による一般的拮抗作用と、pH、土性、腐植含有率などの土壌理化学的要因が関与し、多湿黒ボク土においては高い微生物活性と、保水性が高く土壌乾燥時にも一般的拮抗作用が低下しないこと、灰色台地土においてはpH5.2程度の低pHと細粒質の土性に、それぞれ主に起因した。

(3)炭素源を含み土壌微生物活性を高めるCDU、尿素などの窒素施肥、5.5前後の土壌pH、および20~30mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>100g<sup>-1</sup>の有効態リン酸と15~30mgK<sub>2</sub>O100g<sup>-1</sup>の交換性カリからなる土壌・肥培管理によってインゲン根腐病が抑制された。

(4)52作物種を栽培し、後作インゲンマメの根腐病に対する抑止効果を持つ作物を検索したところ、23%の作物が根褐変指数低下率31%以上の大きな効果を示した。これらの中で輪作に導入可能な作物としては、緑肥作物であるアルファアルファの抗菌活性が強かった。

(5)インゲンマメとアルファアルファの混作による抑止効果は認められず、アルファアルファを休閑緑肥として一年間栽培、またはコムギなど作物収穫後の後作緑肥としてインゲンマメ作付前年の秋に栽培した場合に、翌年のインゲン根腐病の抑止効果が大きかった。

(6)アルファアルファのインゲン根腐病に対する抗菌性発現要因として、根に含有されるmedicagenic acid glycosideなどのサポニン類があり、アルファアルファ栽培跡地で増加する蛍光性 *Pseudomonas* 属菌も関与すると考えられた。

以上の結果から、冷涼な地域における輪作体系下の作物生産性向上のためには、輪作を基本として、テンサイとコムギを輪作体系に効果的に配置し、土壌微生物活性を高く維持でき

る作付様式を設定することが必要であることを明らかにした。さらにインゲン根腐病の対策として、適切な養分管理下で、前作物にテンサイあるいはコムギを用いて、輪作体系下の土壤微生物活性を高め、土壤微生物相を改変し、抗菌活性を持つアルファルファを輪作に導入する方法が本病の生態的制御方策として有効である。このように、本研究においては、大規模畑作地帯における輪作体系下の作物生産性を持続的に維持するために、土壤微生物の制御が重要であることを明らかにした。

# 学位論文審査の要旨

主査 教授 但野利秋  
副査 教授 小林喜六  
副査 教授 波多野隆介  
副査 助教授 山口淳一

## 学位論文題名

### 十勝地方における連輪作土壤の微生物特性とインゲン根腐病の 生態的制御に関する土壤肥料学的研究

本論文は、図50、表60、引用文献195を含み、8章からなる総頁数177の和文論文である。別に参考論文9編が添えられている。

本論文は、十勝地方の主要4畑作物を供試して、各種作付様式が土壤微生物活性および微生物相などの土壤微生物特性と作物生産性におよぼす影響を明らかにするとともに、輪作年限短縮によってインゲン根腐病が増加し著しく減収するインゲンマメを対象として、本病発生下の土壤微生物特性と本病の関係を解明し、土壤微生物特性の改変によるインゲン根腐病の生態的制御法を土壤肥料学的見地から検討した結果をとりまとめたものである。得られた結果の概要は以下の通りである。

#### 1. 連輪作土壤の微生物特性

- (1) 淡色黒ボク土における収量反応からみた適正な輪作年限はインゲンマメとテンサイで4年以上、バレイショとコムギで3年以上であり、交互作および連作による平均減収率はインゲンマメで最も大きく、この減収は主にインゲン根腐病に起因した。
- (2) テンサイ、コムギを前作物にした場合には後作物への增收効果が大きく、これらの作物を作付様式に組み入れた場合に作付様式全体の収量性が増加した。
- (3) 根系分布および根圈微生物活性と根圈効果が異なる各作物が輪作に導入されることによって、まず当作物栽培土壤の根圈微生物活性が変動し、さらに分解特性の異なる前作残渣が圃場に還元されることによって後作土壤の微生物活性が変動した。
- (4) 各作物において輪作年限を短縮した場合の、微生物バイオマス量、土壤呼吸量および酵素活性で示される土壤微生物活性は、テンサイで高まり、バレイショ、インゲンマメでは経年的に低下し、コムギでは一旦低下した後、上昇に転じた。土壤微生物活性は前作物がテンサイの場合には主に後作で、コムギの場合にはこれを含む作付様式全体で長期的に高

また、減収率の大きい作付様式においては、微生物基質である作物残渣量が少なく、インゲンマメ連作土壌では4年輪作土壌の70%程度まで土壌微生物活性が低下した。

## 2. 土壌微生物特性がインゲン根腐病の発生におよぼす影響

- (1)インゲンマメの連作および短期輪作土壌では、細菌数の減少と糸状菌数の増加が認められ、中でも*Fusarium*属菌が増加した。さらに、土壌微生物活性の低下がインゲン根腐病の発生を増加させることを、微生物活性が異なる土壌を用いた接種試験で確認した。
- (2)インゲン根腐病の抑制効果は交互作の相手作物によって異なり、テンサイで大きく、コムギでは当初それほど大きくないが交互作を継続することにより経年に増大した。この場合、前作残渣の構成成分と還元量の差異が後作土壌の微生物活性および微生物相の変化をもたらし、いわゆる一般的拮抗作用によって根腐病が抑制されたものと推察した。
- (3)連作7年目以降には本病の衰退現象が認められ、蛍光性*Pseudomonas*属菌による特異的拮抗作用が存在した。この作用はテンサイとの交互作においても存在した。

## 3. インゲン根腐病の生態的制御

- (1)インゲン根腐病の発病抑止土壌の特性は、高い微生物活性、保水性が高く乾燥時にも一般的拮抗作用が低下しない性質、pH5.2程度の低pH、ならびに細粒質の土性であった。
- (2)炭素源を含む窒素質肥料の施肥、pH5.5および20~30mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>100g<sup>-1</sup>の有効態リン酸と15~30mgK<sub>2</sub>O100g<sup>-1</sup>の交換性カリからなる土壌・肥培管理によってインゲン根腐病が抑制された。
- (3)根腐病に対する抗菌活性を有する対抗植物として、輪作に導入可能なアルファルファを選抜した。これを休閑綠肥作物として一年間栽培し鋤き込んだ場合や、コムギなどの作物収穫後の後作綠肥作物として秋に栽培し鋤き込んだ場合に、翌年のインゲン根腐病の抑止効果が大きかった。
- (4)インゲン根腐病に対するアルファルファの抗菌性発現要因として根に含有されるサポニン類があり、蛍光性*Pseudomonas*属菌も関与すると考えられた。

以上の結果から、冷涼な地域における輪作体系下の作物生産性向上のためには、輪作を基本として、テンサイとコムギを輪作体系に効果的に配置し、土壌微生物活性を高く維持できる作付様式を設定することが必要であることを明らかにした。さらにインゲン根腐病の対策として、適切な養分管理下で、前作物にテンサイあるいはコムギを用いて、輪作体系下の土壌微生物活性を高め、土壌微生物相を改変し、抗菌活性を持つアルファルファを輪作に導入する方法が本病の生態的制御法として有効であることを示した。

以上のように、本研究は、大規模畑作地帯における輪作体系下の作物生産性を持続的に維持するためには土壌微生物の制御が重要であることを明らかにしたものであり、学術上、応用上高く評価される。よって審査員一同は、奥村正敏は博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。