

第5章 テンサイの連作における土壤病害菌

1. 発生生態

1) *Aphanomyces cochlioides* による苗立枯病発生と土壤の理化学性、微生物性

(1) 目的

これまで連作による収量低下に関連する糸状菌を秋播コムギについて見出し、接種試験で、その効果を確かめた。また、本圃場におけるテンサイの連作障害については主原因が *Aphanomyces cochlioides* であることが石塚ら¹³⁾、および阿部⁵⁶⁾によって、すでに報告されている。

そこで本菌によって起る連作障害を農業などによって自然界のバランスをこわすことなく、むしろ人畜に無害な生態的手段によって防除することができれば農業に寄与すること大なるものがあると考えられる。しかし、これまでに、そうした成果をみることはできない。

そこで、まず、本菌による苗立枯病の発生生態を明らかにする必要がある、土壤の理化学性、微生物性との関連を解明しようとした。

(2) 材料と実験方法

イ. 供試土壤

北見農試の黒色火山性土を主として用いたが、普遍性をもたせるため、他にも網走地方の24の土壤を用いた。いずれの土壤についても7月下旬、コムギ作跡地土壤を採取し、その一般的理化学性を第8表に示した。

ロ. 土壤微生物フロアの調査

供試土壤を5千分の1ワグネルポットに詰め、水分含量は最大容水量の60%とし、1週間、ガラス室にシートで覆って放置した。その後、表面下5~10cmの土壤について、糸状菌、全細菌、色素耐性菌数を調査した。調査方法は第3章と同じである。

ハ. *A. cochlioides* の土壤への接種

北見農試のテンサイ連作13年目(1971年)に栽培したテンサイから単離した *A. cochlioides* をトウモロコシ煎汁寒天で25°C、30日間平板培養し卵胞子の存在を鏡鏡により確認した平板の菌そう

10枚を少量の水でホモジナイズした後、水を加えて全量を1.5ℓにした。同液50mlを土壤微生物フロアの調査を終えた各ポットの表層1cmに注加混合した。

ニ. 苗立枯調査

ポット当たりテンサイ「導入2号」9粒を播種し、発芽後、水分を過剰気味にし、地際部が褐変し、くびれて倒伏したものを発病株とした。

ホ. *A. cochlioides* による苗立枯病の確認

地際の褐変部位を殺菌水で数回洗い、殺菌水を入れた殺菌シャーレ中に入れる。室温で培養し、直接供試部位上の遊走子のうを鏡鏡した⁵⁷⁾。

(3) 結果および考察

横沢ら⁵⁸⁾は土壤によって *A. cochlioides* 苗立枯病発生にちがいのあることを明らかにし、それに関連する土壤条件について検討した結果、発病が軽微な土壤には病微発現を抑制する要因の存在することを示唆した。

筆者も網走地方で土壤により発病に差異のあることを経験していたので、その差を確認するとともに、発病と土壤の理化学性、微生物性との関連を検討した。

すなわち、網走地方における24地点の土壤の化学性と固相率、および微生物性と発病性を、まず調査し、その結果をそれぞれ第8、9表に示した。第9表によると沖積土で全細菌、色素耐性菌が多く、残積土で糸状菌、全細菌、および色素耐性菌が少ない傾向にあった。また、泥炭土で糸状菌が多かった。こうしたフロアの傾向は吉田ら²⁸⁾が行なった北海道における各種土壤の微生物相と、おおむね一致していた。

次に、同じく第9表で各種土壤の発病性をみると、*A. cochlioides* の接種で発病株率はいずれも上昇し、接種の影響は明らかであった。この *A. cochlioides* 接種区における発病率が土壤の理化学性、微生物性と、いかに関連しているかをみるため、すべての分析項目と発病株率との相関係数

を算出した。その結果は第10表と第14図に示した を図示すると、第15図のとおりであった。これはとおりで、発病株率は固相率とのみ5%水準で有意の負の相関関係 ($r = -0.457^*$) にあり、それ示している。

第8表 供試土壤の化学性と固相率

| 町名 | 堆積様式 | 部落名 | 全炭素 (%) | 全窒素 (%) | 炭素率 | P H | | C E C (me/100g) | 交換性塩基 (me/100g) | | | Truog P ₂ O ₅ (mg/100g) | 固相率* |
|------|------|-----|---------|---------|------|------------------|-----|-----------------|-----------------|------|------------------|---|------|
| | | | | | | H ₂ O | KCl | | CaO | MgO | K ₂ O | | |
| 美幌町 | 洪積土 | 報徳 | 3.69 | 0.47 | 7.9 | 6.5 | 5.2 | 25.3 | 5.62 | 0.36 | 0.54 | 12.6 | 30.5 |
| 〃 | 〃 | 〃 | 4.55 | 0.45 | 10.1 | 6.3 | 5.3 | 23.5 | 6.53 | 0.43 | 0.45 | 7.1 | 29.3 |
| 女満別町 | 〃 | 中湖 | 5.59 | 0.62 | 9.0 | 5.8 | 4.9 | 28.9 | 5.49 | 0.43 | 0.64 | 13.5 | 30.2 |
| 〃 | 〃 | 央南 | 6.22 | 0.59 | 10.5 | 5.9 | 4.9 | 28.7 | 4.78 | 0.37 | 0.68 | 10.3 | 34.5 |
| 網走市 | 〃 | 嘉多山 | 6.34 | 0.58 | 10.9 | 6.5 | 5.2 | 43.4 | 14.15 | 1.42 | 1.30 | 31.4 | 32.7 |
| 〃 | 〃 | 〃 | 7.95 | 0.76 | 10.5 | 5.7 | 4.5 | 45.6 | 9.48 | 1.00 | 0.86 | 25.5 | 38.0 |
| 北見市 | 〃 | 上常呂 | 4.09 | 0.51 | 8.0 | 6.1 | 5.0 | 32.1 | 8.88 | 0.96 | 1.56 | 20.1 | 36.0 |
| 〃 | 〃 | 豊田 | 7.49 | 0.77 | 9.7 | 5.8 | 4.7 | 36.6 | 10.23 | 1.07 | 1.09 | 35.0 | 30.0 |
| 訓子府町 | 〃 | 豊坂 | 2.60 | 0.23 | 11.3 | 6.3 | 4.8 | 41.0 | 3.89 | 0.33 | 0.38 | 21.5 | 42.5 |
| 〃 | 〃 | 駒里 | 12.20 | 1.16 | 10.5 | 5.6 | 4.4 | 39.5 | 5.78 | 0.39 | 0.56 | 24.4 | 30.1 |
| 〃 | 〃 | 日の出 | 13.18 | 1.01 | 13.0 | 5.5 | 4.5 | 45.6 | 10.20 | 1.04 | 0.59 | 40.0 | 26.7 |
| 佐呂間町 | 沖積土 | 若佐 | 6.00 | 0.71 | 8.5 | 6.0 | 4.7 | 42.6 | 14.00 | 1.95 | 0.76 | 31.4 | 41.1 |
| 〃 | 〃 | 〃 | 4.04 | 0.43 | 9.4 | 5.4 | 4.2 | 35.1 | 8.88 | 1.12 | 0.92 | 37.5 | 39.9 |
| 白滝村 | 〃 | 白滝西 | 2.25 | 0.47 | 4.8 | 6.2 | 4.6 | 23.4 | 5.59 | 0.59 | 0.44 | 37.5 | 50.2 |
| 遠軽町 | 〃 | 野上山 | 4.90 | 0.58 | 8.4 | 5.9 | 4.5 | 26.7 | 6.25 | 0.40 | 0.77 | — | 37.9 |
| 〃 | 残積土 | 美山 | 3.83 | 0.48 | 8.0 | 6.0 | 4.4 | 26.9 | 5.30 | 0.30 | 0.22 | 20.1 | 39.9 |
| 留辺蘂町 | 〃 | 花丘 | 3.17 | 0.31 | 10.2 | 6.8 | 5.9 | 27.4 | 11.65 | 0.73 | 0.86 | 36.0 | 37.6 |
| 〃 | 〃 | 川北 | 2.08 | 0.34 | 6.1 | 6.3 | 5.3 | 15.7 | 6.34 | 0.20 | 0.32 | 29.4 | 40.2 |
| 白滝村 | 〃 | 旧白滝 | 3.17 | 0.32 | 9.9 | 6.7 | 5.7 | 19.7 | 5.82 | 0.33 | 0.27 | 13.1 | 41.4 |
| 清里町 | 火山性土 | 神威野 | 3.69 | 0.49 | 7.5 | 6.3 | 5.2 | 20.3 | 4.27 | 0.43 | 0.22 | 8.3 | 31.0 |
| 清水町 | 〃 | 萱水 | 4.50 | 0.45 | 10.0 | 6.2 | 5.2 | 22.8 | 4.17 | 0.51 | 0.38 | 15.4 | 34.4 |
| 〃 | 〃 | 水上 | 4.61 | 0.42 | 11.0 | 6.2 | 5.1 | 21.5 | 4.13 | 0.28 | 0.18 | 10.7 | 27.6 |
| 清里町 | 泥炭土 | 南 | 7.60 | 0.73 | 10.4 | 5.9 | 4.9 | 22.6 | 4.74 | 0.29 | 0.46 | 40.2 | 25.4 |
| 常呂町 | 〃 | 岐阜 | 7.20 | 0.74 | 9.7 | 6.2 | 4.9 | 45.0 | 13.85 | 0.96 | 0.64 | 29.9 | 35.2 |

*：固相率は土壤微生物調査時のポット土壌で行った。

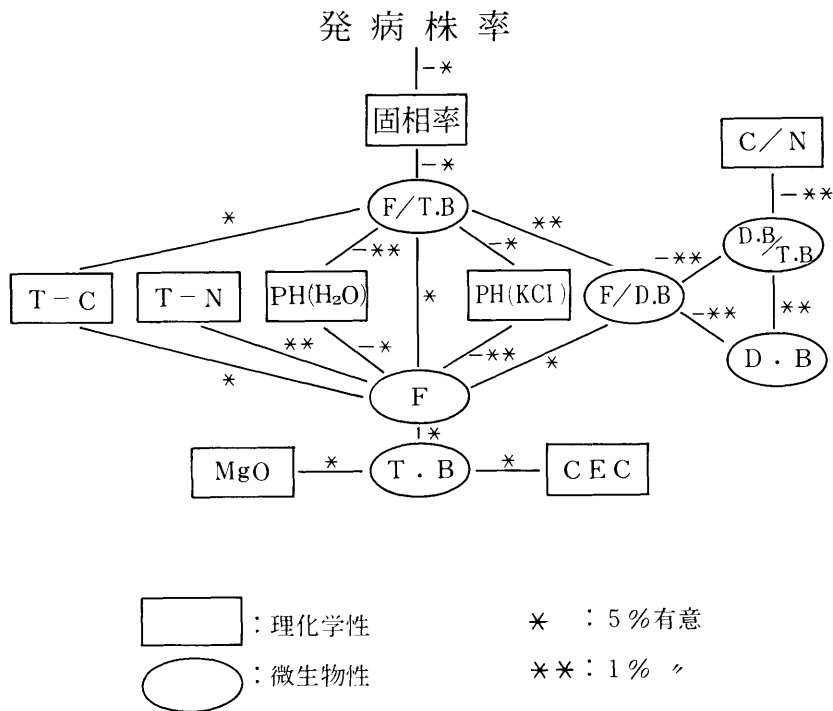
第9表 供試土壤の微生物性と発病性

| 町名 | 堆積様式 | 部落名 | 微生物性 | | | | | 発病性 | | | |
|------|------|-----|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|------------|-------------|---------|
| | | | 糸状菌 (F) (×10 ⁴) | 全細菌 (T B) (×10 ⁶) | 色耐菌 (D B) (×10 ⁴) | 比率 | | 発病株率 (%) | | | |
| | | | | | | F/T B (×10 ³) | D B/T B (×10 ²) | F/D B | Ap.菌接種 (A) | Ap.菌無接種 (B) | (A)/(B) |
| 美幌町 | 洪積土 | 報徳 | 15.2 | 25.0 | 7.4 | 6.08 | 2.96 | 2.05 | 67.1 | — | — |
| 〃 | 〃 | 〃 | 10.5 | 18.0 | 7.8 | 5.83 | 4.33 | 1.35 | 64.9 | 61.3 | 1.06 |
| 女満別町 | 〃 | 中湖 | 9.5 | 22.1 | 7.8 | 4.30 | 3.53 | 1.22 | 62.1 | 14.0 | 4.44 |
| 〃 | 〃 | 央南 | 12.0 | 16.5 | 3.8 | 7.27 | 2.30 | 3.16 | 59.7 | 11.2 | 5.33 |
| 網走市 | 〃 | 嘉多山 | 12.1 | 32.9 | 7.6 | 3.65 | 2.31 | 1.59 | 54.2 | 63.5 | 0.85 |
| 〃 | 〃 | 〃 | 16.1 | 28.5 | 5.3 | 5.65 | 1.86 | 3.04 | 58.3 | 40.4 | 1.44 |
| 北見市 | 〃 | 上常呂 | 15.6 | 29.2 | 9.3 | 5.34 | 3.08 | 1.67 | 55.8 | 33.6 | 1.66 |
| 〃 | 〃 | 豊田 | 11.9 | 19.1 | 5.0 | 6.23 | 2.62 | 2.38 | 69.2 | 50.6 | 1.37 |
| 訓子府町 | 〃 | 豊坂 | 11.4 | 29.5 | 6.1 | 3.86 | 2.07 | 1.87 | 49.0 | 42.2 | 1.16 |
| 〃 | 〃 | 駒里 | 17.5 | 26.3 | 7.7 | 6.65 | 2.93 | 2.27 | 62.5 | 12.5 | 5.00 |
| 〃 | 〃 | 日の出 | 18.0 | 20.3 | 5.6 | 8.87 | 2.76 | 3.21 | 60.3 | 35.5 | 1.70 |
| 佐呂間町 | 沖積土 | 若佐 | 19.7 | 36.6 | 10.4 | 5.38 | 2.84 | 1.89 | 70.2 | 52.2 | 1.34 |
| 〃 | 〃 | 〃 | 15.0 | 20.3 | 15.9 | 7.39 | 7.83 | 0.94 | 43.6 | 33.3 | 1.31 |
| 白滝村 | 〃 | 白滝西 | 8.6 | 24.7 | 13.6 | 3.48 | 5.51 | 0.63 | 64.5 | 9.5 | 6.79 |
| 遠軽町 | 〃 | 野上山 | 15.3 | 35.5 | 9.7 | 4.31 | 2.73 | 1.58 | 62.5 | 25.0 | 2.50 |
| 〃 | 残積土 | 美山 | 18.4 | 19.7 | 2.1 | 9.34 | 1.07 | 8.76 | 38.2 | 0.0 | — |
| 留辺蘂町 | 〃 | 花丘 | 8.0 | 27.7 | 7.4 | 2.89 | 2.67 | 1.08 | — | 53.3 | — |
| 〃 | 〃 | 川北 | 10.7 | 23.9 | 5.4 | 4.48 | 2.26 | 1.98 | 64.4 | 51.9 | 1.24 |
| 白滝村 | 〃 | 旧白滝 | 2.6 | 12.7 | 2.1 | 2.05 | 1.65 | 1.24 | 50.3 | 31.1 | 1.62 |
| 清里町 | 火山性土 | 神威野 | 11.4 | 25.0 | 6.7 | 4.56 | 2.68 | 1.70 | 75.5 | 67.9 | 1.11 |
| 清水町 | 〃 | 萱水 | 16.0 | 26.1 | 1.6 | 6.13 | 0.61 | 10.00 | 68.4 | 71.7 | 0.95 |
| 〃 | 〃 | 水上 | 13.1 | 18.5 | 9.8 | 7.08 | 5.30 | 1.34 | 75.6 | 69.3 | 1.09 |
| 清里町 | 泥炭土 | 南 | 21.6 | 25.3 | 2.9 | 8.54 | 1.15 | 7.45 | 77.3 | 45.2 | 1.71 |
| 常呂町 | 〃 | 岐阜 | 17.0 | 27.8 | 5.0 | 6.12 | 1.80 | 3.40 | 78.1 | 61.3 | 1.27 |

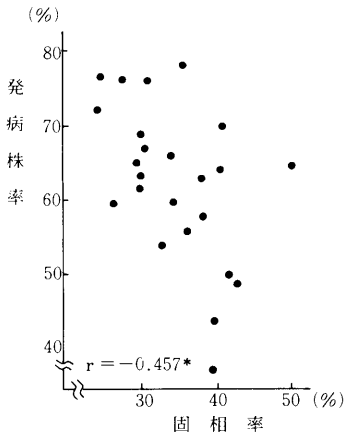
第10表 土壤の理化学性、微生物性と発病株率の相関々係一覧表

| 項目 | 糸状菌 (F) | 全細菌 (TB) | 色耐菌 (DB) | F/TB | DB/TB | F/DB | pH | | CEC |
|---------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|------------------|----------|--------|
| | | | | | | | H ₂ O | KCl | |
| 発病株率 | 0.164 | 0.162 | -0.011 | 0.012 | 0.061 | 0.023 | 0.101 | 0.279 | -0.158 |
| 糸状菌(F) | 0.457* | 0.457* | -0.035 | 0.733** | -0.201 | 0.512* | -0.523* | -0.551** | 0.402 |
| 全細菌(TB) | | | 0.262 | -0.230 | -0.182 | -0.033 | 0.011 | -0.242 | 0.415* |
| 色耐菌(DB) | | | | -0.212 | 0.891** | -0.656** | -0.248 | -0.260 | 0.118 |
| F/TB | | | | | -0.060 | 0.632** | -0.590** | -0.450* | 0.126 |
| DB/TB | | | | | | -0.613** | -0.276 | -0.265 | 0.179 |
| F/DB | | | | | | | 0.090 | -0.087 | -0.114 |

| 項目 | 交換性塩基 | | | P ₂ O ₅ 吸収係数 | 全窒素 | 全炭素 | 石灰飽和度 | 炭素率 | 有効態 P ₂ O ₅ | 固相率 |
|---------|--------|--------|------------------|------------------------------------|---------|--------|--------|---------|-----------------------------------|---------|
| | CaO | MgO | K ₂ O | | | | | | | |
| 発病株率 | 0.639 | -0.004 | -0.167 | 0.143 | 0.268 | 0.184 | 0.129 | -0.055 | -0.012 | -0.457* |
| 糸状菌(F) | 0.266 | 0.309 | 0.172 | -0.042 | 0.542** | 0.503* | -0.146 | 0.215 | 0.274 | -0.307 |
| 全細菌(TB) | 0.409 | 0.457* | 0.393 | -0.162 | 0.164 | 0.045 | 0.106 | -0.151 | 0.164 | 0.197 |
| 色耐菌(DB) | 0.192 | 0.343 | 0.307 | -0.107 | -0.059 | -0.162 | 0.122 | -0.314 | 0.020 | 0.273 |
| F/TB | -0.051 | -0.011 | -0.099 | 0.114 | 0.407 | 0.472* | -0.297 | 0.356 | 0.014 | -0.465* |
| DB/TB | 0.008 | 0.140 | 0.125 | -0.000 | -0.148 | -0.249 | 0.054 | -0.806* | 0.096 | 0.133 |
| F/DB | -0.205 | -0.185 | -0.258 | -0.100 | 0.088 | 0.122 | 0.257 | 0.150 | 0.043 | -0.162 |



第14図 土壤の理化学性、微生物性と発病の相関々係模式図

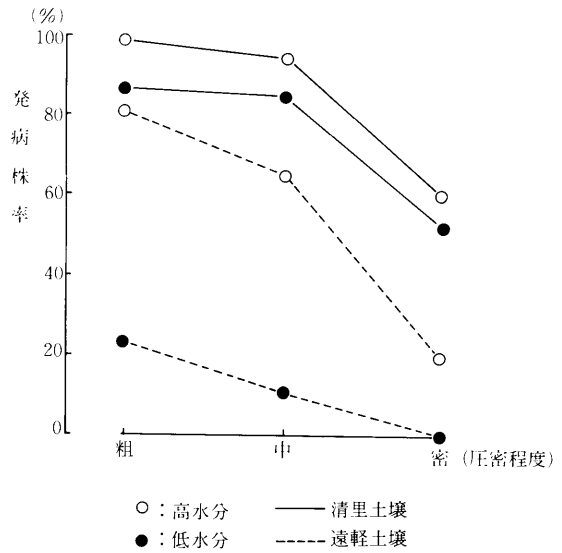


第15図 立枯発病と固相率の関係

第11表 温度、水分別 *Ap.* 菌によるテンサイ苗立枯病発生推移 (移植)

| 温度 (°C) | 水分 (%) | 発 病 株 数 | | | | | | 発病株 率(%) |
|------------|-----------|---------|-----|-----|-----|------|------|-------------|
| | | 2日目 | 4日目 | 6日目 | 8日目 | 10日目 | 12日目 | |
| 15 | 40 | | | | | | | 0 |
| | 60 | | | | | | 1 | 11 |
| | 80 | | | | | | | 0 |
| 20 | 40 | | | | | | | 0 |
| | 60 | | | | 1 | 1 | 1 | 11 |
| | 80 | | | 2 | 3 | 5 | 5 | 16 |
| 25 | 40 | | | | | | | 0 |
| | 60 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 44 |
| | 80 | 1 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 89 |
| 30 | 40 | | | | | | | 0 |
| | 60 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 56 |
| | 80 | 2 | 2 | 4 | 7 | 9 | 9 | 100 |

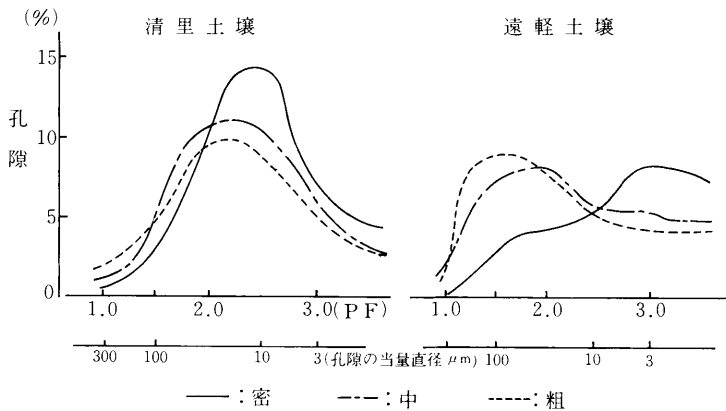
注) 9本移植



第17図 土壤の圧密と発病の関係

第12表 圧密による三相分布と発病

| 土 壤 | 三相区分 | | | 三相分布 (%) | | | 発 芽 生 育 の 発 病 株 | | |
|------|------|----|----|----------|------|------|-----------------|-----------|------|
| | 固相 | 液相 | 気相 | 固相 | 液相 | 気相 | 率 (%) | 良 否 率 (%) | |
| 清里土壤 | 粗 | 低 | 高 | 27.3 | 23.6 | 49.1 | 74.2 | 不良 | 86.8 |
| | | 高 | 低 | 〃 | 33.7 | 39.0 | 81.7 | やや良 | 99.1 |
| | 中 | 低 | 高 | 33.4 | 29.2 | 37.4 | 75.0 | 良 | 86.2 |
| | | 高 | 低 | 〃 | 39.1 | 27.5 | 88.3 | 〃 | 95.3 |
| | 密 | 低 | 高 | 40.3 | 34.7 | 25.0 | 54.2 | 不良 | 52.2 |
| | | 高 | 低 | 〃 | 44.4 | 15.3 | 73.3 | やや良 | 60.2 |
| 遠軽土壤 | 粗 | 低 | 高 | 34.1 | 30.0 | 35.9 | 87.8 | やや良 | 14.5 |
| | | 高 | 低 | 〃 | 40.0 | 25.9 | 93.3 | 良 | 27.0 |
| | 中 | 低 | 高 | 39.2 | 30.0 | 30.8 | 75.5 | やや良 | 32.5 |
| | | 高 | 低 | 〃 | 40.0 | 20.8 | 74.4 | 良 | 37.7 |
| | 密 | 低 | 高 | 44.3 | 30.0 | 25.7 | 62.2 | やや良 | 21.8 |
| | | 高 | 低 | 〃 | 40.0 | 15.7 | 67.8 | 良 | 36.5 |



第16図 PF-水分曲線より求めた孔し隙の当量直径分布と土壤圧密との関係

(4) 要 約

網走地方における24点の土壌を用い、その理化学性、微生物性と *Aphanomyces cochlioides* によるテンサイ苗立枯病との関連を検討した結果、同菌による発病は土壌の固相率と密接に関連し、その高い土壌で軽く、低い土壌で重かった。

2) 土壌の圧密と発病

(1) 目 的

前項で *A. cochlioides* によるテンサイ苗立枯病の発病株率が土壌の固相率と負の相関関係にあることを明らかにしたが、それを確かめるため、以下の実験を行なった。

(2) 材料と実験方法

土壌の種類を変え、清里町の火山性土（清里土壌）と遠軽町の残積土（遠軽土壌）の生土それぞれに病土として北見農試テンサイ16年連作土を10%の割合で混合した。そのおのおのを底ぶたをつけた500ml容実容積測定用採土管（直径11cm、深さ5.3cm）に詰め、それを持ち上げて、約10cmの高さから落下させて圧密した。圧密の強弱により、粗、中、密の3段階を設けた。また、土壌水分も変え、粗、中、密区とも、圃場容水量の60%区と、それをそれぞれ10%高めた高水分区を設けた。その時の三相分布、ならびにPF-水分曲線と、それに対応する孔隙の当量直径を第12表、第16図に示した。すべての採土管の表面下0.5cmにテンサイ「ソローベ」を30粒播種し、温室で前述の調査方法により発病を調べた。

(3) 結果および考察

発病株率が固相率と負の相関関係にあることの内容を明らかにするため、同一土壌の固相率を変え、果して発病に差を生ずるか否かを実験した。すなわち、土壌は清里土壌と遠軽土壌の2種類を用い、各土壌とも圧密度を3段階とした。*Aphanomyces* が藻菌類であるため、土壌水分との関連をみる必要があり、事前に温度、土壌水分、と発病との関係をみた結果、第11表に示したとおり、25℃以上で、しかも土壌水分の高い方で明らかに発病は多かった。したがって、土壌水分を2段階に調整して発病性の差異を調べた。その際の三相分布、PF-水分曲線、および実験結果は第12

表、第16、17図に示したとおりで、圧密で孔隙の当量直径のピークは清里土壌で10 μ m、遠軽土壌で、ほぼ3 μ m になっており、発病は両土壌とも明らかに圧密で低下し、高水分で高かった。

この室内モデル実験の結果は発芽に支障のない程度に固相率を高めることは *A. cochlioides* による苗立枯病を軽減させることを示すものである。また、同一土壌で固相率を高めたことは孔隙率を低下させたことを意味する。したがって、圧密の効果は粗大孔隙を減少させたことによる効果との推定も出来よう。

(4) 要 約

2種類の土壌を用い、人工的に圧密度を変え、同時に水分を2段階で発病との関連を検討した。その結果、発芽に支障のない程度の圧密で発病は明らかに低下した。また、低水分の方が発芽株率が低かったが、低水分の効果は遠軽土壌で大きく清里土壌で小さかった。

2. 発病軽減対策

1) 覆土の鎮圧と発病の関係

(1) 室内実験

イ. 目 的

横沢ら⁵⁹⁾は *Aphanomyces* の遊走子による宿主植物への侵入機構に関する研究のなかで、病土上に種子を置き、覆土として健全土を用いた場合、発病しないことから、病土が根に接する条件で発病は認められないが、胚軸部に病土が接すると立枯が起ることを明らかにした。さらに菅原ら⁶⁰⁾はこれを応用、実用化して覆土消毒による防除法を提唱した。

一方、筆者は、本章でこれまで連作によるテンサイ苗立枯病の発生が、*A. cochlioides* によることを追認すると同時に、固相率の高い土壌で低いことを見出し、それが粗孔隙の減少によることを推定した。

そこで次に、播種後の覆土の鎮圧で粗孔隙を減らすことが発病軽減対策として、実際農業へ応用できるか否かを試験することにした。それに先立ち、まず、室内実験で検討することにした。

ロ. 材料と実験方法

前節で用いたと同じ500ml容採土管に、やはり

第13表 覆土の鎮圧と発病

| 処 理 | 発 芽 率 (%) | | | 発 病 株 率 (%) | | | <i>Aphanomyces</i> 菌検出率 (%) | | |
|-----|-----------|------|------|-------------|------|-------|-----------------------------|------|------|
| | 清里土壤 | 遠軽土壤 | 北見農試 | 清里土壤 | 遠軽土壤 | 北見農試 | 清里土壤 | 遠軽土壤 | 北見農試 |
| 無処理 | 89.0 | 84.3 | 54.3 | 87.3 | 63.2 | 100.0 | 80.0 | 89.3 | 85.2 |
| 鎮 圧 | 80.0 | 75.7 | 61.0 | 86.3 | 41.0 | 83.6 | 90.0 | 75.0 | 88.9 |

前節で用いたと同じ清里土壤、遠軽土壤、および後述の圃場試験を考慮して北見農試の洪積土（北見農試）を加え、3種類の土壤を詰め、播種後、採土管の直径より小さな目の板を置き、手で上から押して鎮圧した。発芽後の発病株数を調査し、C法⁵⁷⁾によって検出される *Aphanomyces* を確認した。

ハ. 実験結果

覆土の鎮圧で発病を軽減しうるか否かを検討するため、まず、採土管栽培でモデル的に実験した。試験土壤として圧密実験に供試した清里土壤と遠軽土壤の他に、以後の圃場試験を考慮し、北見農試土壤を加え、3種類とした。鎮圧の方法は前述のとおり、手で行ない、その結果を第13表に示した。

まず、鎮圧が発芽に及ぼす影響をみると、清里土壤と遠軽土壤の両者で10%弱低下し、北見農試でやや上昇傾向を示した。覆土の鎮圧による発病株率の低下は遠軽と北見農試の両土壤では20%内外の値が得られ、鎮圧の効果が確認された。しかし、清里土壤では効果が認められなかった。その際、発病株の地際に *Aphanomyces* の遊走子のを作らせ、同菌の確認を試みたところ、各土壤とも75~90%同定されたため、発病はほとんど *Aphanomyces* によるものと推定された。

ところで、鎮圧による発病の軽減が、土壤中の *Aphanomyces* の菌密度の低下によるものであるとは、同菌の耐久生存体が卵胞子であること⁶¹⁾ から考えがたい。しかし、それを一応確かめるため、鎮圧試験を終えた土壤を再充てんし、テンサイを播種し、発病を調査した。その結果は第14表に示したとおりで、ほとんどの株に発病を認めた。このことは予想どおり、鎮圧によって、同菌の土壤中における密度は低下しないことを示すものである。

第14表 再充てん土の発病性

| 土 壤 | 前処理 | 発芽率 (%) | 発病株率 (%) |
|------|-----|---------|----------|
| 清里土壤 | 無処理 | 82.3 | 87.9 |
| | 鎮 圧 | 89.0 | 100.0 |
| 遠軽土壤 | 無処理 | 75.7 | 100.0 |
| | 鎮 圧 | 69.0 | 100.0 |
| 北見農試 | 無処理 | 69.0 | 93.2 |
| | 鎮 圧 | 74.3 | 98.7 |

ニ. 要 約

室内実験で土壤の圧密による発病の軽減を明らかにしたが、引き続き覆土の鎮圧が発病に及ぼす影響を検討したところ、鎮圧でも発病は明らかに低下した。また、その際の鎮圧で土壤中の *Aphanomyces* 密度は低下しないものと推定された。

2) 圃場における鎮圧程度と発病、および収量との関係

(1) 目 的

室内実験で覆土の鎮圧が発病を軽減することを明らかにした。引き続き圃場で覆土の鎮圧程度と発病、および収量との関係を北見農試圃場と網走市のホクレン試験圃場の2ヶ所で検討した。

(2) 試験方法

イ. 供試圃場

北見農試：長期連・輪作畑試験圃場に隣接するテンサイ連作4年目圃場。

網 走：網走市音根内、ホクレン試験圃場、3年輪作畑（粗粒火山性土）。

ロ. 供試品種

両試験地とも「ソロラーベ」

ハ. 試験区の構成

北見農試：無処理区、鎮圧区（弱、中、強）

網 走：無処理区、鎮圧区（弱、強）

両試験地とも2反復

第15表 長期連・輪作畑試験における立枯, 根くびれ, 収穫株数 (20年目)

| 区 別 | 立枯株 (間引期, 6月15日) | | | 根くびれ株 (7月12日) | | | 収 穫 株 数 (本/10a) |
|------|------------------|------|------|---------------|--------|--------|--------------------|
| | 調査株数 | 立枯株数 | 立枯株率 | 調査株数 | 根くびれ株数 | 根くびれ株率 | |
| 連 作 | 68 | 50 | 73.5 | 35 | 30 | 85.7 | 5152 |
| 6年輪作 | 69 | 12 | 17.4 | 45 | 10 | 22.2 | 6743 |

ニ. 鎮圧方法

北見農試: 播種後, 直径72cm, 巾2m, 重さ550kgの牧草播種後の鎮圧ローラーを用い, 60馬力のトラクターでけん引した。けん引時のトラクターのエンジン回転は1500回転, スピードは低速の3速 (3.24km/hr) とし, 弱, 中, 強鎮圧をそれぞれ1, 2, 3回走行とした。

網 走: 試作中の鎮圧ローラー1回走行区を弱, 2回走行区を強鎮圧区とした。

ホ. 耕種概要

| 耕 種 | 北見農試 | 網 走 |
|--------------|------------|------------|
| 畦 巾 × 株 間 | 60 × 24 | 60cmで手播 |
| 施肥量 (kg/10a) | 120 (S273) | 120 (S273) |
| 播 種 日 | 5月9日 | 4月28日 |
| 収 穫 日 | 10月10日 | 10月6日 |

(3) 試験結果および考察

まず, テンサイの連作で *Aphanomyces* による苗立枯株, 根くびれ株, およびそれによる収穫株数の減少がどの程度かを知るため, 長期連・輪作畑試験圃場の20年目における調査結果を第15表に示した。それによると, 立枯株率は間引期までに枯死したもの, および間引期に抜き取り調査し, その時に地際が褐変しているものの合計で算出したため, 必ずしも収穫期における株立本数とは一致していない。また, 連作による立枯株と立枯病に起因して発生する根くびれ株が, 連作2年目以降, 毎年確認されており, その結果, 欠株が多く, 草丈は低く, 生育を著しく貧困にしている。このことは第2章写真1に示したとおりである。

さて, こうした連作による立枯株, 根くびれ株, および収穫株数に及ぼす鎮圧の影響をその強弱を変えて検討した。鎮圧ローラーを用い, その走行回数による強弱を表面硬度の変化として第16表に

示した。それをみても走行回数による表面硬度の差は明らかであった。現行の施肥播種機にも鎮圧

第16表 鎮圧による表面硬度の変化 (北見農試)

| 処 理 | 鎮圧時(5月14日) | 過湿時(5月20日) |
|-----|------------|------------|
| 無処理 | 0 | 0 |
| 弱鎮圧 | 3 ~ 5 | 5 ~ 6 |
| 中 ヶ | 7 ~ 9 | 8 ~ 9 |
| 強 ヶ | 10 ~ 12 | 11 ~ 12 |

注) 山中式硬度計による表面の硬度

ローラーがついているが, その目的は播種後の覆土の飛散を抑えること, および土壌水分の毛管上昇による発芽促進にあると考えられる。しかし, ここでは弱鎮圧でも現行よりは強いものの発芽には支障のない程度であり, 前年に行なったこれと同じ試験によると, 弱鎮圧でむしろ発芽は促進されていた。

さて, 鎮圧による立枯株, 根くびれ株, および収穫株数を第17表でみると, 室内実験では鎮圧による立枯株の減少が認められたにもかかわらず, 圃場ではそれが判然としなかった。しかし, 鎮圧による効果は根くびれ株, および収穫株数に明らかに認められ, 弱鎮圧で両試験地とも根くびれ株

第17表 鎮圧の程度と立枯, 根くびれ, 収穫株数

| 処 理 | 立枯株率 (%) | 根くびれ株率 (%) | 収 穫 株 数 (本/10a) |
|------|----------|------------|--------------------|
| 北見農試 | 無処理 | 21.8 | 6574 |
| | 弱鎮圧 | 18.5 | 7130 |
| | 中 ヶ | 16.1 | 6019 |
| | 強 ヶ | 16.8 | 4537 |
| 網 走 | 無処理 | 17.5 | 8000 |
| | 弱鎮圧 | 19.0 | 8500 |
| | 強 ヶ | 11.5 | 7600 |

注), 立枯は90~230株, 根くびれは80株で調査

第18表 鎮圧の程度と収量、および根中糖分

| 処 理 | 収 量 (kg/10 a) | | | | 根中糖 分(%) | 糖 量 (kg/10 a) | 同左比 | |
|------|---------------|------|------|---------|-------------|------------------|-----|-----|
| | 頸葉重 | 菜根重 | 同左比 | 1ヶ体重(g) | | | | |
| 北見農試 | 無処理 | 6611 | 4426 | 100 | 673 | 15.2 | 673 | 100 |
| | 弱鎮圧 | 6574 | 5241 | 118 | 735 | 15.2 | 794 | 118 |
| | 中々 | 5852 | 4195 | 95 | 697 | 15.0 | 626 | 93 |
| | 強々 | 5982 | 4583 | 104 | 1010 | 14.5 | 666 | 99 |
| 網 走 | 無処理 | 3500 | 5859 | 100 | 732 | 16.4 | 962 | 100 |
| | 弱鎮圧 | 3450 | 5952 | 102 | 700 | 16.3 | 972 | 101 |
| | 強々 | 3700 | 5348 | 91 | 704 | 16.5 | 880 | 91 |

が減少し、収穫株数は増加していた。しかし、中～強鎮圧では両試験地とも根くびれ株は減少したものの、収穫株数でも減少しており、これは鎮圧が強いため、物理的に発芽できない個体が多かったためである。

次に収量調査の結果を第18表に示した。それによると北見農試では弱鎮圧で18%増収したが、中～強鎮圧区では、やや低収の傾向にあった。網走では弱鎮圧で差がなく、強鎮圧では減収していた。糖分は北見農試では弱鎮圧で低下しないものの、それ以上の強鎮圧で低下の傾向にあり、網走ではその差が明らかでなかった。したがって糖量は北見農試では弱鎮圧で菜根重の増収により18%の多収を示した。

以上、圃場試験で鎮圧程度と発病、および収量との関係をみた結果、北見農試では発芽に支障のない程度の強い鎮圧で根くびれ株が減少し、菜根重、糖量とも増収し、好結果が得られた。しかし両試験地とも発芽後の立枯株に差はみられなかった。一方、1個体重をみると、北見農試では鎮圧で上昇していることから、鎮圧による物理的影響も加わって増収に至ったものと推定された。

(4) 要 約

圃場試験で鎮圧の効果を検討した結果、北見農試では発芽に支障のない程度の強い鎮圧で根くびれ株は減少し、菜根重、糖量に好結果が得られた。しかし、好結果の要因として、根くびれ株の減少以外に鎮圧による土壤の物理性改善の効果もあったものと推定された。

3) 覆土の鎮圧が土壤の物理性、微生物性に及ぼす影響

(1) 目 的

前項で圃場において、発芽に支障のない程度の強い鎮圧で根くびれ株が明らかに減少し、菜根重も増加することを明らかにした。ここでは鎮圧が立枯株、根くびれ株を減少させる原因解明の一環として、極度の鎮圧を行ない、それが土壤の物理性、微生物性に及ぼす影響を調査した。

(2) 試験方法

イ. 試験圃場

連・輪作長期試験圃場に隣接しているテンサイ連作2年目圃場。

ロ. 供試品種

「ソロラーベ」

ハ. 試験区の構成

無処理区と鎮圧区。

ニ. 鎮圧方法

播種翌日(5月28日)に軽四輪乗用車の走行をくり返し強く鎮圧した。

ホ. 耕種法

畦巾:60cm, 株間:25cm, 施肥量:80kg/10a (S004を供試), 播種日:5月27日, 播種法:点播, 最終抜き取り調査日:7月24日。

ヘ. 発芽調査

施肥畦上に300粒/3m播種し、そのうちの発芽数を調査した。

ト. 微生物調査法

土壤表面下2~4cmで行なった。調査法は第3

章と同じである。嫌気性菌はRosenthal法⁶²⁾を採用した。

(3) 結果および考察

室内実験で鎮圧による苗立枯病の発病軽減効果が認められたため、引き続きテンサイの連作圃場で鎮圧試験を行なった。その結果、鎮圧の立枯株に及ぼす影響は判然としなかった。しかし、根くびれ株は明らかに減少し、菜根重の増加をもたらした。そこで次に鎮圧による立枯株、ないし根くびれ株の減少する原因について検討することにした。すなわち、播種後における覆土の鎮圧を確実にするため、軽四輪乗用車の走行をくり返し、極めて強く鎮圧した。その結果、第19表に示したと

第19表 圃場での覆土の鎮圧と立枯、根くびれの関係

| 処 理 | 発芽率(%) | 立枯株率(%) | 根くびれ株率(%) |
|-----|--------|---------|-----------|
| 無処理 | 69.0 | 66.3 | 19.0 |
| 鎮 圧 | 33.3 | 46.3 | 1.0 |

注) 立枯は播種後23日目(6月20日)に鎮圧区90株、無処理区200株、根くびれは7月23日、各区200株で調査した。

おり、鎮圧で発芽率は低下したものの、立枯株は約20%減少し、その後の根くびれ株も無処理で19%あったものが鎮圧によって1%に減少し、

ほとんど認められなかった。その際行なった収量調査の結果を第20表に示したが、鎮圧の比軽的弱かったところでは、むしろ増収の傾向にあり、前

第20表 圃場での覆土の鎮圧と収量

| 処 理 | 莖葉重 | 菜根重 |
|-----|------|-----|
| 無処理 | 2460 | 420 |
| 鎮 圧 | 3470 | 640 |

注). g/20株

第22表 鎮圧による層位別の固相率と透水係数

| 深 さ (cm) | 固相 (%) | | 孔隙 (%) | | 透水量(cc./30分) | | 透水係数 | |
|-------------|--------|------|--------|------|--------------|------|-----------------------|-----------------------|
| | 無処理 | 鎮 圧 | 無処理 | 鎮圧 | 無処理 | 鎮圧 | 無処理 | 鎮 圧 |
| 0 ~ 5 | 24.9 | 29.3 | 75.1 | 70.7 | 64.3 | 6.8 | 1.43×10^{-3} | 1.51×10^{-4} |
| 5 ~ 10 | 23.7 | 30.5 | 76.3 | 69.5 | 79.5 | 8.3 | 1.77×10^{-3} | 1.85×10^{-4} |
| 10 ~ 15 | 25.4 | 27.7 | 74.6 | 72.3 | 96.0 | 60.3 | 2.14×10^{-3} | 1.34×10^{-3} |
| 15 ~ 20 | 26.7 | 28.6 | 73.3 | 71.4 | 141.3 | 77.3 | 3.14×10^{-3} | 1.72×10^{-3} |

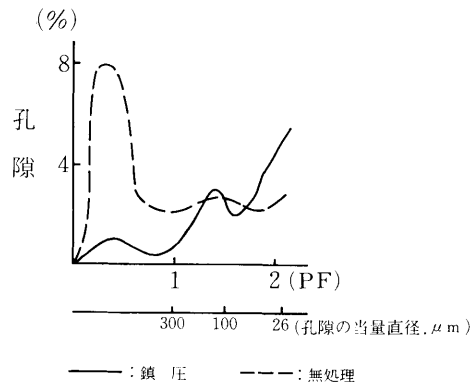
項の鎮圧程度に関する試験結果と一致していた。そうした立枯病、ならびに収量結果を得た圃場で鎮圧の土壌の物理性、微生物性に及ぼす影響を調査した。第21表に示したとおり、鎮圧で土壌の表面は明らかに硬く、また、第22表をみると、固相率、透水係数も明らかに低下していた。その時の0~5cmのPF-水分曲線を第18図に示したが、鎮圧で粗孔隙はつぶされ、孔隙の当量直径のピークは26μm以下に移行していた。この微細孔隙は発病と最も関係の深いAphanomycesの卵孢子、遊走子の大きさと比較すると、それらの行動を著しく制約する孔隙の大きさであるといえるが、このことについては項を改めて詳細に述べることにする。

第21表 圃場での鎮圧による表面硬度の変化

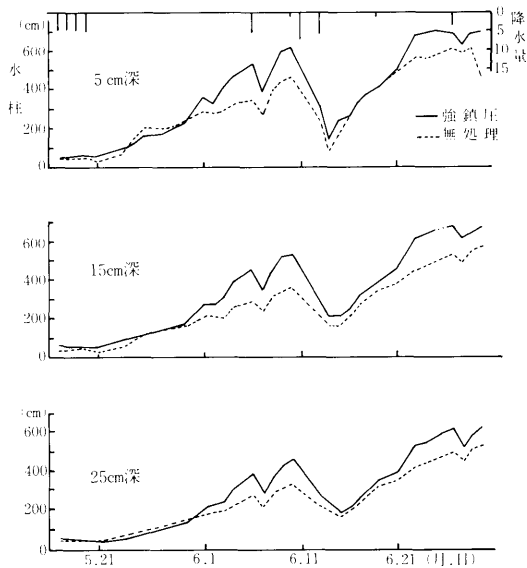
| 処 理 | 表面硬度 |
|-----|------|
| 無処理 | 1~2 |
| 鎮 圧 | 15.3 |

注). 山中式硬度計

さて、Aphanomycesは藻菌類であるため、増殖、発病に水の影響が極めて大きい。そこで鎮圧による土壌水分の推移を調査し、第19図に示した。



第18図 鎮圧による孔隙の変化(0~5cm)



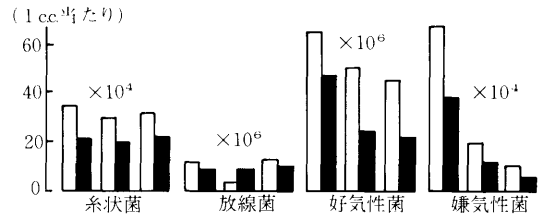
第19図 テンシオメーターによる層別日観測結果

その結果、鎮圧は毛管上昇水の増加を招くものと考えられ、各層とも乾燥したが、*Aphanomyces* によって苗立枯病の発生する5月下旬までは融雪水、およびその後の降雨で両区の土壤水分の差はほとんどなかった。このことは鎮圧による土壤の乾燥が発病を軽減するものでないことを示している。

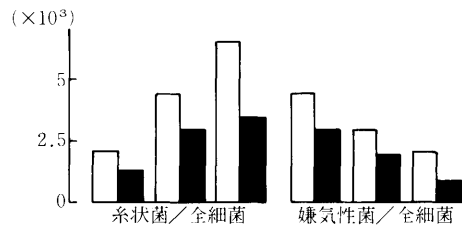
ところでSMITH⁶³⁾は土壤中の静菌作用は嫌気性菌が生成するエチレンと関係しているとして

Phytophthora cinnamomi 抑制土壤ではエチレン濃度が10 ppm 以上であったこと、また、*Fusarium* 促進土壤ではエチレンの生成が少ないことをあげている。そこで覆土の鎮圧によっても、そうした作用が生ずるか否かを探るため、まず、土壤中の嫌気性菌を調査することにした。その際一般微生物もあわせて調査した。結果を第20、21図に示したが、鎮圧によって放線菌を除き、糸状菌、細菌、嫌気性菌のいずれも減少し、全細菌に対する糸状菌、嫌気性菌の比率も低く推移していた。このことから、鎮圧で土壤孔隙がつぶされても、それによって嫌気性菌が増し、または同菌の

果す役割の上昇とはならず、したがってエチレン生成による静菌作用の発現とはなりがたいものと推定された。



第20図 鎮圧による土壤微生物相の変化（鎮圧：5月28日，調査：左から6月11日，24日，7月22日）
□：無処理区 ■：鎮圧区



第21図 鎮圧による微生物比率の変化
□：無処理区 ■：鎮圧区

(4) 要 約

覆土の鎮圧が土壤の物理性、微生物性に及ぼす影響を検討し、鎮圧による発病軽減の機作の解明に示唆を得ようとした。その結果、鎮圧で表面硬度は硬く、孔隙がつぶされ、微細化し、土壤は乾燥していた。また、土壤微生物フロラを調査した結果、嫌気性菌、糸状菌、細菌のいずれも減少していた。しかし、これらの変化が *Aphanomyces* による苗立枯病、根くびれ株の減少をもたらすとは考えがたかった。

4) 土壤孔隙の大きさと苗立枯病発病の関係

(1) 目 的

これまでに *A. cochlioides* による連作テンサイ苗立枯病の発生は土壤の物理性と密接に関連し固相率の高い土壤で少なく、さらに覆土の鎮圧によっても発病が軽減することを明らかにした。そ

第23表 *A. cochlioides* を接種した各種粒径の砂と苗立枯病

| 砂の粒径 (μm) | 同左孔隙の 当量直径(μm) | 発芽数 | 発芽率 (%) | 立枯株数 | 立枯株率 (%) | 根の近辺における遊走子数* (個/1ml) |
|---------------------------|--------------------------------|-----|------------|------|-------------|--------------------------|
| 576 | 104 | 22 | 73.3 | 12 | 54.5 | --- |
| 144 | 39 | 25 | 83.3 | 8 | 32.0 | 3.5×10^6 |
| 90 | 26 | 22 | 73.3 | 7 | 31.8 | 7.6×10^4 |
| 36 | 11 | 21 | 70.0 | 0 | 0 | 0 |

*：苗を砂のついたまま4本抜き取り、シャーレに入れて水を5ml加え、その水中の遊走子を血球計で計数した。

して、その機作解明の糸口をみつけるため、圃場で鎮圧による土壌の物理性、および、微生物性の変化を調査したが、何ら手がかりとなる結果は得られなかった。

そこで次に、土壌孔隙の大小を、異なる粒径の砂による孔隙の大小におきかえて発病軽減の機作について検討を行なった。

(2) 材料と実験方法

イ. 供試砂

川砂、および砂土を30%の過酸化水素水で処理し、水洗後、篩別、ならびに沈降法⁶⁴⁾により4種類の砂に分けた。それぞれの砂の粒径は検鏡によって測定した結果、平均576 μm 、144 μm 、90 μm 、36 μm であった。

ロ. 粒径別、砂のPF-水分曲線

分離した砂を100ml容採土管によく詰まるよう水中で詰めた。また、PF-水分曲線は吸引法⁶⁵⁾で測定した。

ハ. *A. cochlioides* の卵胞子と遊走子の懸濁液調整

卵胞子はコーンミール液体培地で1カ月培養し菌体を濾過、乾燥して100mlの殺菌水を加え、懸濁調整した。遊走子は横沢ら⁵⁹⁾の方法に従って調整した。

ニ. 粒径別の砂耕によるテンサイ苗立枯病発生調査

各種粒径の砂それぞれを500ml容採土管に、よく詰まるよう水中で詰めた。卵胞子の接種は表面中央部に上記の方法で調整した。*A. cochlioides* の卵胞子懸濁液の20mlを砂の表面を流れず、下へ浸透するよう滴下した後、その周辺にテンサイ、

「モノヒル」30粒を深さ5mmに播種し栽培した。遊走子の接種は別途、砂耕により育成したテンサイ苗の根を遊走子懸濁液に24時間浸漬し、それを各種粒径の砂へ移植した。栽培は温室で行ない、適時水分を補給した。発芽揃期に発病を促進するため25 $^{\circ}\text{C}$ の暗所に移した。

(3) 結果および考察

まず最初に異なる粒径の砂に *A. cochlioides* の卵胞子を添加し、そこにテンサイを播種した場合の発病と根の近辺における *A. cochlioides* の遊走子を調査し、その結果を第23表、および写真第24表 *A. cochlioides* 接種苗の各種粒径の砂における発病

| 砂の粒径 (μm) | 同左孔隙の 当量直径(μm) | 立枯株数 | 立枯株率 (%) |
|---------------------------|--------------------------------|------|-------------|
| 576 | 104 | 15 | 100 |
| 144 | 39 | 9 | 60 |
| 90 | 26 | 0 | 0 |
| 36 | 11 | 0 | 0 |

注) 15株移植

6に示した。

発芽率はいずれも70%以上で、それぞれ発芽に支障のない孔隙の大きさとみることができている。立枯病発病株率は最大粒径の576 μm で50%以上であったのに対し、最小粒径の36 μm では1株の発病もみられなかった。また、写真6でわかるように144 μm 、および90 μm で立枯は、まず、卵胞子を添加した中央近辺から始まり、次第に周辺へ移ることを確認することができた。その際、144、および90 μm の砂における根の近辺から *Aphanomyces*

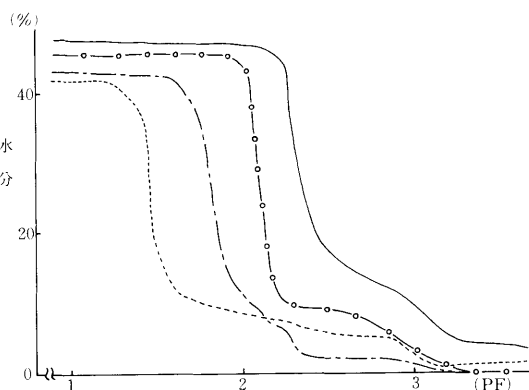


写真6 *A. cochlioides* を接種した各種粒径の砂と立枯病

の遊走子が検出されたが、36 μm の砂からは検出されなかった。また、テンサイの苗の根部に *A. cochlioides* の遊走子を付着させ、それを各種粒径の砂へ移植しても、やはり小さい粒径の砂では発病しなかった。そこで次に、これらの異なる粒径の砂による孔隙の大小と *A. cochlioides* の遊走子の移動の関係を検討した。用いた砂の平均粒径と孔隙の大きさとの関係はPF-水分曲線を描くことによって求め、第22、23図に示した。それによると、孔隙ピークのPF値は粗いものから、1.44、1.85、2.05、2.41となり、それらに相当する孔隙の当量直径は、それぞれ104、39、26、11 μm であった。これらの当量直径と、その孔隙での *A. cochlioides* の移動の難易を具体的に検討するため、それぞれの砂のカラムに 4.6×10^4 個/1mlの遊走子懸濁液を流下させ、その通過の難易を検討した。実験の結果、第25表に示したとおり、孔隙の当量直径104 μm (平均直径576 μm の砂柱) ではほとんどの遊走子が通過したが、当量直径39 μm (平均直径144 μm の砂柱) では遊走子の通過がやや阻害され、当量直径26 μm (平均直

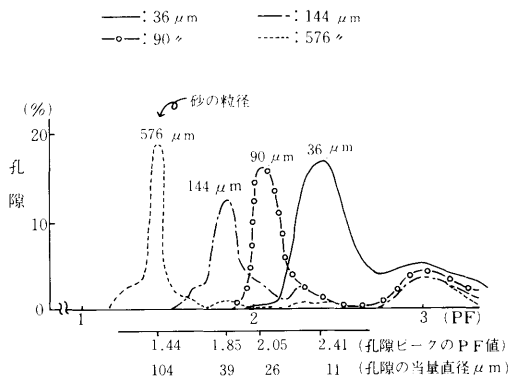
第25表 各種の砂のカラムにおける *A. cochlioides* の遊走子の通過の難易

| 砂の粒径 (μm) | 孔隙の当量直径 (μm) | 遊走子の数 (個/1ml) |
|------------------------|---------------------------|-------------------|
| 576 | 104 | 4.0×10^4 |
| 144 | 39 | 3.2×10^4 |
| 90 | 26 | 8.3×10^3 |
| 36 | 11 | 0 |



第22図 砂の粒径別PF-水分曲線

径90 μm の砂柱) では明らかに流出された遊走子は少なく、さらに11 μm (平均直径36 μm の砂柱) の流出液には遊走子の存在は認められなかった。この結果は当量直径26 μm 以下の孔隙は10 μm の遊走子の移動を著しく阻害することを示しており遊走子の約2.5倍大きい孔隙では遊走子の移動がもっと自由であってよいように考えられるが、実際には遊走子が孔隙を通過する実効直径は孔隙直径より小さくなるものと思われた。さらに北見農試の土壤をカラムに詰め、鎮圧区と無処理区を設け、砂の場合と同様の実験を行なったところ、無



第23図 砂の粒径と孔隙の関係

処理で 2.8×10^4 個/1 mlの遊走子が通過したのに対し、鎮圧区では遊走子の通過が認められなかった。

以上の実験結果は遊走子が通ることのできる孔隙では、そこを移動し、テンサイに苗立枯病をもたらすが、孔隙が小さく、遊走子が移動できない場合はテンサイの地際にたどり着くことができず、また、たどり着いたとしても、孔隙の小さい場合は発病しないことを如実に物語っている。

(4) 論 議

前節でテンサイ苗立枯病の発生は固相率の高い土壌で低いことを見出し、発病が土壌の物理性と密接に関連していることを明らかにした。引き続き覆土のみの圧密、すなわち、播種後の覆土の鎮圧で発病は軽減するであろうと推察し、その実験を試みたところ、推察どおりの結果が得られた。このことは圃場試験でも認められたが、室内における実験ほど明確な差ではなかった。しかし、圃場試験で生育も進んだ7月下旬に鎮圧区で根くびれ株のなかったことが注目され、これも立枯病軽減を裏付ける現象と考えられた。

Aphanomyces によるテンサイ苗立枯病の発生機作は春にテンサイが播種され、発芽、発根すると根からの分泌物で耐久生存していた卵胞子が発芽し、根に侵入して、そこで遊走子を大量に生成し、遊走子感染を起すとされている^{59, 61, 66, 67}。このようにして起る発病が固相率の高い土壌で低かったが、この事実を進展させ、人工的に土壌を圧密、または覆土の鎮圧によっても発病を軽減することができた。この発病軽減の機作について、砂を用いたモデル実験で結論を得ることができたため、以下、それについて考察する。

Griffin^{68, 69}は土壌の物理性と糸状菌の関係を究明するため、酸化アルミニウムの粒子を用いた当量直径が $2.5 \sim 130 \mu\text{m}$ の孔隙で水分張力を変えて実験した。その結果、孔隙が空気で満たされている場合、*Curvularia ramosa*の菌糸の生育は孔隙が小さくなるにつれて規制され、胞子形成(分生子の長さは約 $27 \mu\text{m}$)は $23 \mu\text{m}$ 、ないしそれ以下の孔隙で減ずることを明らかにし、さらに、*Pythium ultimum*についても同様の実験

から、菌糸の生育は孔隙が小さくなるにつれて劣り、有性生殖は当量直径が $45 \sim 15 \mu\text{m}$ で直径 $20 \mu\text{m}$ の卵胞子生成が著しく減ずることを明らかにした。

また、松口ら⁷⁰は石英砂、およびパーライトを供試した系で糸状菌について平均孔隙径が $30 \mu\text{m}$ 以上の気相で満たされている孔隙の多い方が生育は良好であることを確かめた。

以上の報告は糸状菌の生育は孔隙の大きさと密接に関連し、一定の大きさ以下では生育できないことを明らかにしている。

筆者は先に述べたとおり、土壌の孔隙と *Aphanomyces* によるテンサイ苗立枯病との関連を検討し、孔隙の微細化で発病が軽減されることを明らかにしたが、その機作について、Griffin^{68, 69}松口ら⁷⁰の実験を参考に、異なる粒径の砂と *Aphanomyces* の卵胞子、遊走子を用いた系で検討した結果、粒径の大きい砂で著しい発病を呈したが、小さい砂、すなわち平均粒径 $36 \mu\text{m}$ で、その孔隙の当量直径が $11 \mu\text{m}$ では発病がまったく認められなかった。これは大きな孔隙では遊走子が容易にテンサイの地際へ移動し、発病をもたらすが小さい孔隙では、それができず、発病に至らないことを明らかにした結果である。

宇井ら⁷¹により単離された *Aphanomyces* の人工培養基上の卵胞子は $22.2 \sim 25.5 \mu\text{m}$ 、遊走子は $8.4 \sim 15.5 \mu\text{m}$ 、菌糸は $4.4 \sim 11.2 \mu\text{m}$ の直径をもつことが報告されている。

一方、前項で述べたとおり、圃場で覆土の鎮圧によりPF1以下の孔隙はほとんど完全につぶされている。したがって鎮圧土中では *Aphanomyces* の遊走子の移動や菌糸の伸長が極めて制約されていることは容易に推定することができる。

さらにつけ加えるなら、土壌中では遊走子そのものの生成が問題となろう。すなわち、第23表に示したとおり、小さい粒径の砂中から遊走子は検出されなかった。つまり、このことは遊走子は長さが $50 \sim 100 \mu\text{m}$ の遊走子のうの先端に突出し、いくつものが塊状になって休止し、その後、1個ずつ離れて遊走するが、その際、 $50 \sim 100 \mu\text{m}$ ある遊走子のうは数 μm の孔隙当量直径では伸びることができ

ず、したがって遊走子も生成されないことを示している。そのため鎮圧して数10 μm 以上の孔隙を著しく減少させた土壌中では遊走子の生成は著しく困難になるとわれ、このことを裏づける実験結果が得られた。すなわち、グーチのルツボに土を詰め、鎮圧による発病軽減を追試し、その際、地際の土壌の遊走子を調査した結果、無処理土壌からは生土1g当たり、 1.77×10^4 個の遊走子が検出されたのに対し、鎮圧土からは検出されなかった。このことは卵孢子発芽による菌糸感染があるにせよ、その後、遊走子を作ることができず、発病が不可能であることを物語っている。

(5) 要 約

テンサイ連作による *Aphanomyces cochlioides* 苗立枯病は覆土の鎮圧で軽減され、その機作について砂の大きさを変えたモデル系で検討した結果、孔隙の当量直径が11 μm と小さい砂では卵孢子からの発芽による感染はできず、遊走子による感染も、それがテンサイの地際へ移動できないことから、不可能と推定された。さらに遊走子自身も生成されなかったが、これは遊走子を作る遊走子の長さ50~100 μm あることから、その生成が困難と考えられた。

以上のとおり、発病は物理的要因によって軽減するものであり、その効果は覆土の鎮圧でも明らかに認められた。

第6章 インゲンの連作における土壤病害菌

1. 目的

第4章 第2節で述べたとおり、HARLEYとWAID⁴⁵⁾の方法で連作根面から高頻度に分離された *Fusarium oxysporum* に病原性は認められなかった。一方、景山ら^{72,73)}は連作インゲンの地下部と土壤から選択培地を用いて、病原性をもつ *Pythium myriotylum* を高頻度に分離したため、その接種試験を行ない、連作障害との関連を検討した。

2. 材料と実験方法

インゲンの連作根面から高頻度に分離された、*Pythium myriotylum* 菌株^{72,73)}を径9cmのヘトリ皿中のトウモロコシ煎汁寒天平板⁷⁴⁾に接種し、生育した7日目の菌そう5枚を培地を含め、脱塩水150mlを加え、ホモジナイザーで磨砕した。これを北見農試圃場の土壤に添加、混合した。使用した土壤は根面優占糸状菌で用いた土壤と同様に2千分の1aポットに詰めたのち、加圧蒸気殺菌し、3週間放置した土壤で、ポットの表層7~8cmの土壤に添加混合した。これと一緒に連作土に藻菌類を選択的に殺菌する薬剤ヒドロキシイソキサゾール〔商品名：タチガレン、三共(株)〕の効果をみるため土壤1ℓ当たり0.7g添加したポットを設定した。対照として連作土と輪作土の無処理区を設けた。播種はいずれも4粒とし、網室で栽培した。

3. 試験結果

インゲンは供試作物中、連作障害が最も著しくかつ、常法⁴⁵⁾により根面から分離された糸状菌のすべてが *F. oxysporum* であったため、その接種試験で連作障害が再現されるものと期待した。しかし結果的には前述のとおり、同菌に病原性は認められなかった。

一方、景山ら^{72,73)}は本圃場の連作インゲンの組織、および連作土壤から *Pythium* の選択培地を用いて病原性をもつ *Pythium myriotylum* を高頻度に分離した。そこで筆者は本菌のインゲンに対する

接種試験を行ない、連作障害との関連性を検討した。その結果を第26表に示した。

第26表 インゲンの連作土に対するヒドロキシイソキサゾール処理、および *Pythium myriotylum* の接種効果

| 土 壤 | 処 理 | 草 丈 (開花期, cm) | 子実重 (g/4本) |
|-------|----------------|------------------|---------------|
| 連 作 土 | 無 処 理 | 20.5 | 25.7 |
| 〃 | ヒドロキシイソキサゾール処理 | 25.3 | 32.6 |
| 輪 作 土 | 無 処 理 | 30.8 | 38.2 |
| 殺 菌 土 | Py. 菌 接 種 | 18.2 | 20.4 |

輪作土無処理で正常なのに対し、連作土は発芽後、間もなく生育が劣り、地際に褐変、下位葉に苦土欠様の症状がみられた。その後、生育が進むにつれて症状も進み、下位葉は脱落し、生育は著しく劣った。この症状は圃場のものより強い傾向にあったが、かつて圃場でも、このような症状をしばしば経験したことがある。

ヒドロキシイソキサゾール処理土壤におけるインゲンの生育は輪作土におけるものに比べて、全体的に、やや劣った程度であった。

また、連作土にみられた苦土欠様の症状はヒドロキシイソキサゾール処理では葉肥大期頃から若干、下位葉に認められたものの、生育に影響を及ぼす程には至らなかった。したがって、ヒドロキシイソキサゾール処理で連作障害は、ほとんど回避されたものと判断された。

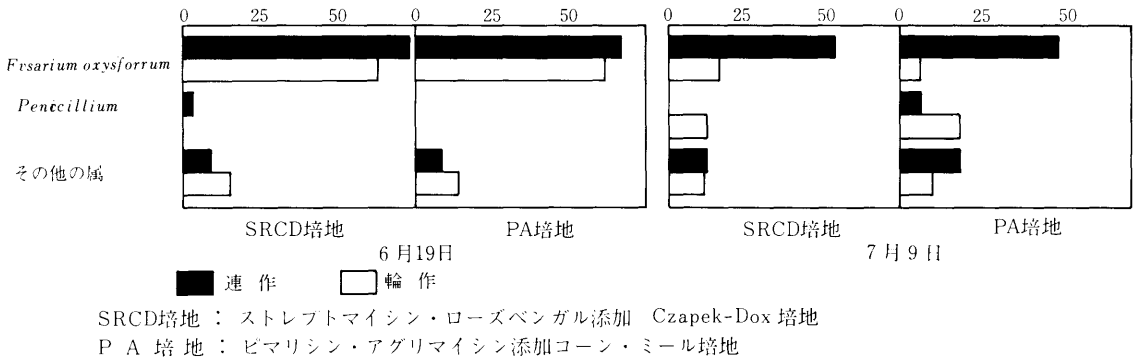
P. myriotylum 接種土壤でインゲンは連作土より、やや遅れて苦土欠様症状を呈し始めたが、その後の症状は連作土より、むしろ速く進む傾向にあった。

以上の結果はインゲンの連作障害が土壤中の藻菌類によることを示唆し、とりわけ病原性の *P. myriotylum* と密接に関連していることを示している。

次に *P. myriotylum* と連作インゲンの根面に優占していたものの病原性をもたなかった *F. oxysporum*

との関連を明らかにするため、両菌の根面における遷移について調査した。そこで、これまで用いたSRCD培地の他に *Pythium* の選択培地、すなわち、蒸留水 1 ℓ に pimaricin 5mg、agrimycin 100mg、ペンタクロロニトロベンゼン (PCNB、WP75%)

130mg、Difco corn meal agar 17g を含む培地⁷²⁾ (P-A培地) を加え検討した。調査は発芽後 10日目 (6月19日)、開花前 (7月9日) の2時期とし、その結果を第24図に示した。



第24図 インゲンの根面優占糸状菌の異なる培地における遷移

発芽後10日目の試料では連・輪作いずれの場合も *F. oxysporum* が優占し、両者の間にはフロラの差はなかった。また、2種の培地間にも、ほとんど差異は認められなかった。開花前の試料では連作の場合、*F. oxysporum* の優占度が低下して *Penicillium*、および、その他の属が、やや増加したが、あまり大きなフロラの変動は観測されなかった。それに対して輪作試料は明確なフロラの変化を示した。すなわち、*F. oxysporum* は10%前後の出現頻度を示す程度に減少し、これに代って *Penicillium* の優占度が増大した。2種の培地間で、そこに出現するフロラは大差がなかった。いずれの時期の試料についても、いずれの培地においても当初目標とした *Pythium* は検出されなかった。

4. 論 議

第4章 第2節でインゲンの根面優占糸状菌は *F. oxysporum* であることを明らかにしたが、接種試験の結果、何ら障害を示さず、本菌が連作障害と、どのような関連をもつかについて明らかにすることはできなかった。

一方、景山ら^{72,73)} は本圃場で連作区の収穫後に残った組織、および根圏土壌から、病原性の *P. myriotylum* と、それ以外の *Pythium* を分離した。

そこで前者について接種試験をした結果、連作障害とほぼ変わらない症状を示した。また、これと並行して行なった藻菌類に特異的な殺菌効果をもつヒドロキシイソキサゾールの土壌処理で連作障害が回避されたことから、本圃場におけるインゲンの連作障害は藻菌類、とりわけ *Pythium myriotylum* と密接に関連しているものと推定された。

インゲンの根を腐らせる病原菌として知られているものに *Fusarium*、*Penicillium*、*Pythium*、*Rhizoctonia* がある⁵²⁾。このうち連作との関連ではインゲン根腐病の *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* が問題で、その防除に輪作が有効であるとする報告が多い^{43,75-79)}。また、伊藤ら⁸⁰⁾ はインゲン根腐病発病土にインゲン、ソラマメを植え、根圏と病斑内における *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* と *F. solani* f. *phaseoli* の行動を検討した結果、病斑内においては初期の赤褐色病斑形成期に *F. oxysporum* が優位を占め、生育の時期が進み、黒褐色の病斑形成期に *F. solani* に変わり、さらに生育の時期が進み、結実、枯凋期になると、*F. oxysporum* が急激に増加すると述べている。しかし、古屋ら⁸¹⁾ は1975年から1977年 (連作16年目~18年目) にかけて、本圃場のインゲン連作土で地下部の胚軸、および根部から根腐病菌の分離を試みたが、*F. solani* f.

phaseoli はまったく分離されず、本圃場はインゲン根腐病菌の住みつきが困難な抑止型土壌の一種と考えられている。

筆者の実験は病斑部ではなく、根面から菌を分離したものであるが、やはり、古屋ら⁸¹⁾と同様、*phaseoli* f. *sp. phaseoli* はみられず、*F. oxysporum* f. *sp. phaseoli* のみが検出され、それらの接種試験で病原性は、まったく認められなかった。この優占菌と景山ら⁷²⁾が分離した病原性をもつ *Pythium* の根面における遷移について、SRCD培地と、その他に *Pythium* の選択培地であるP・A培地⁷²⁾を用いて検討したが、結果的には、いずれの培地にも、*Pythium* は検出されず、その関連を明らかにすることはできなかった。

5. 要 約

北見農試におけるインゲンの連作障害は藻菌類、とりわけ *Pythium* と密接に関連していると推定された。

結 論

日本の農業は1950年代になって、労働生産性が強調され、機械化が進み、必然的に可能な限り単純経営に移る途を歩み始め、また、農業の国際分業論も起こり、コムギが第一に外国産の圧迫を受け、エンバクも耕馬の役割の低下とともに、その栽培面積が低下し始めた。他方、テンサイの栽培が国策として力を入れられるようになり、短期輪作の一員として組入れたいとの要望が強くなった。また、農業は長期輪作が原則で連作は土壤を荒し地力を低下させるといわれており、この問題を解決するために北海道の縮図といわれている北見地方で畑作物の連作、輪作に関する試験を実施することになった。

以上の経緯を経て北海道立北見農業試験場では1959年に長期連・輪作畑試験を開始し、現在もなお継続実施しているが、これまでの試験経過からその結論は次のとおりである。

1. 畑作物はいずれも連作すると障害を起こし収量は低下するが、連作年数による収量低下の傾向は作物によって異なる。
 2. 連作障害の回避に必要な輪作年限も作物によって異なり、インゲンは6年、秋播コムギは5年、バレイショは4年で、それぞれ減収せず、テンサイとダイズには4年、エンバクには3年の輪作年限が必要である。
 3. 各作物に共通した連作障害の特徴は生育が劣り、かつ遅延することであり、その程度が大きい作物ほど収量低下も著しい傾向にある。
 4. 連作によって養分収支に過不足、不均衡はなく、跡地土壤の化学性でも大きな変化はなかった。したがって、いわゆる地力の低下が連作障害の原因であるとは考えがたかった。
- 以上が結論である。

一方、連作障害の原因に関する全国的な実態調査によると、生物が原因であると推定する場合は圧倒的に多い。

筆者はこれらのことをふまえて、北見農試にお

ける連作障害の原因究明を土壤生物の面から検討することにした。

以下がその結果の要約である。

1. 連・輪作畑土壤の微生物作用

土壤を殺菌すると、いずれも正常な生育を示し、連・輪作両土壤間の差はほとんどなくなった。このこと、および、いずれの試験作物からも障害線虫が見い出されなかったことから、連作障害の主原因は微生物に基づくものであると結論した。また、輪作土においても微生物が、2、3の作物の生育を部分的に阻害していると考えられた。

連・輪作土壌から発生するCO₂量を測定した結果、連作土は輪作土より少なく、また、連作作物によっても差異が認められた。このことからみて、連作によって機能面で低い活性を示す微生物フロラ、ないし条件が成立していると推定した。

連作土・輪作土の硝酸化成量を測定した結果、連作土は輪作土より少なく、また、連作作物によっても差異が認められた。

2. 連・輪作土壌の微生物フロラ

連作土の糸状菌はテンサイで多いほかは、いずれも輪作土より少なく推移し、連作土のうちでは、イネ科作物で少なく、その順序はイネ科作物<マメ科作物≦バレイショ<テンサイであった。

放線菌はバレイショ、テンサイ、秋播コムギの連作土で少ない傾向にあった。細菌はエンバク、ダイズの連作土で輪作土より多く、テンサイの連作土でも9月には多い傾向にあった。また、マメ科作物、とくにインゲンの連作土に特徴がみられ、無機塩にグルコースのみを添加した培地に生育するものが多かった。

3. 秋播コムギの連作における根面優占糸状菌根面糸状菌調査時における作物生育をみる

と、連作でいずれも劣り、遅延の様相を呈しその程度はインゲンで最も著しく、ついでダイズ、秋播コムギ、エンバクの順にある。一方、バレイショでは障害が明らかでなかった。

連作で、いずれの作物も根は褐変し、その程度は地上部における生育障害の程度と概略一致していた。

根面糸状菌は秋播コムギで Sterile dark (仮称)、インゲン、ダイズ、エンバクの3作物で *Fusarium oxysporum* が優占しており、その程度は、いずれも連作が輪作より高かった。

接種試験の結果、秋播コムギの連作根面に優占していた Sterile dark で障害が再現され連作障害と密接に関連しているものと推定された。

4. テンサイの連作における土壤病害菌

本圃場におけるテンサイの連作障害の主要原因は *Aphanomyces cochlioides* による苗立枯病であることが明らかにされている。そこで本菌による苗立枯病の発生生態を明らかにするため網走地方における各種土壤を用い、その理化学性、微生物性との関連を検討した。その結果、本菌による発病は土壤の固相率と密接に関連し、その高い土壤で軽く、低い土壤

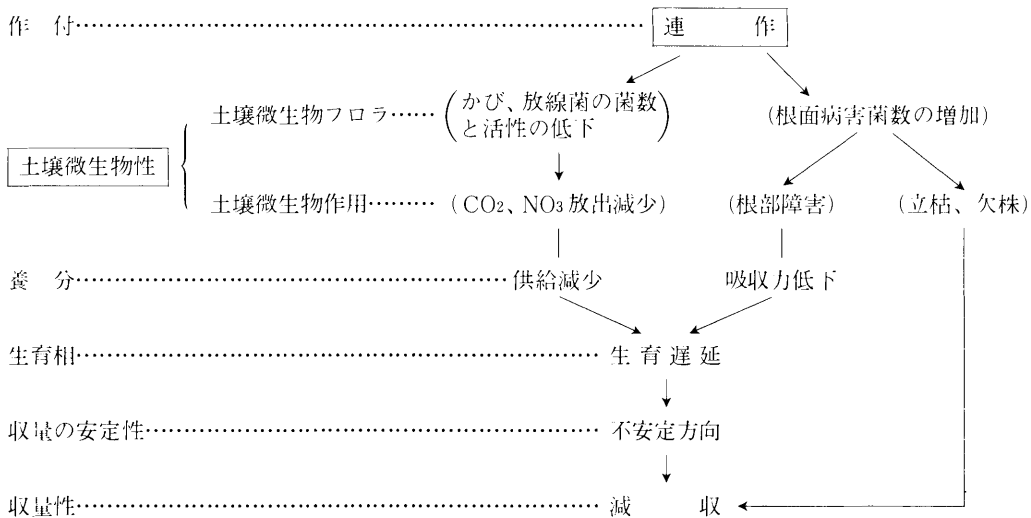
で重かった。

2種類の土壤を用い、人工的に圧密度を変え、同時に水分を2段階で発病との関連を検討した。その結果、発芽に支障のない程度の圧密で発病は明らかに低下した。また、低水分の方が発病株率が低かったが、低水分の効果は遠軽土壤で大きく、清里土壤で小さかった。

室内実験で覆土の鎮圧が発病に及ぼす影響を検討したところ、鎮圧でも発病は明らかに低下した。また、その際、土壤中の *Aphanomyces* 密度は低下しないものと推定された。

引き続き圃場で鎮圧の効果を検討した結果、北見農試では発芽に支障のない程度の強い鎮圧で根くびれ株は減少し、菜根重、糖量に好結果が得られた。しかし、好結果の要因として、根くびれ株の減少以外に鎮圧による土壤の物理性改善の効果もあったと想定された。

覆土の鎮圧が土壤の物理性、微生物性に及ぼす影響を検討し、鎮圧による発病軽減の機作の解明に示唆を得ようとした。その結果、鎮圧で表面硬度は硬く、孔隙がつぶされ、微細化し、土壤は乾燥していた。また、土壤微生物フロアを調査した結果、嫌気性菌、糸状



第25図 連作と土壤微生物

菌、細菌のいずれも減少していた。しかし、これらの変化が *Aphanomyces* による苗木枯病、根くびれ株の減少をもたらすとは考えがたかった。

一方、鎮圧による発病軽減の機作について砂の大きさを変えたモデル系で検討した結果、孔隙の当量直径が $11\mu\text{m}$ と小さい砂では卵胞子からの発芽による感染はできず、遊走子による感染も、それがテンサイの地際へ移動できないことから、不可能と推定された。さらに遊走子を作る遊走子のうの長さが $50\sim 100\mu\text{m}$ あることから、遊走子自身も生成されず、したがって発病は物理的要因で軽減し、その効果は覆土の鎮圧によっても明らかに認められた。

5. インゲンの連作における土壤病害菌

北見農試におけるインゲンの連作障害は藻菌類、とりわけ *Pythium* と密接に関連していると推定された。

以上の結果から、連作による畑作物の生育収量と土壤微生物の関連を模式化すると第25図になる。

すなわち、連作では輪作とは異なる土壤微生物フロラが成立し、その作用が低下するため、養分供給が減少する。一方、土壤病害菌、ないし病原性の糸状菌が増加し、根部に障害をもたらし、養分吸収が低下する。さらに、それが昂じて、テンサイにみられるように、立枯れ、根腐れを起こし欠株となり、直接減収に結びつくと考えられる。

また、*A. cochlioides* による連作テンサイ苗木枯病は覆土の鎮圧で軽減することを明らかにし、その機作を解明したが、こうした防除法は耕種の防除法の1つと位置づけることができよう。

引用文献

- 1) GARNER, H.V. and DYKE, G.V. : Rothamsted Experimental Station Report for 1968, Part 2, p.26~46 (1968)
- 2) The Morrow Prots Vniversity of Illinois : University of Illinois College of Agriculture, Circular 777, p. 6~9 (1960)
- 3) 農林省振興局研究部 : 畑作物の連・輪作に関する研究 p. 1~60, 鹿児島県農業試験場 (1960)
- 4) 農林水産技術会議事務局 : 前作物が後作物に及ぼす影響に関する試験. p.83~86. 愛知県農業試験場 (1969)
- 5) 農林水産技術会議事務局 : 火山灰土における堆肥及び厩肥の長期連用効果に関する研究. 研究成果95, p.76~104 (1977)
- 6) 青森県農業試験場藤坂支場 : 畑輪作に関する試験成績概要. p. 7~29 (1971)
- 7) 新藤政治・福田重光 : 輪作試験の集録, 北海道農業試験場農業経営部研究資料, 第4号. p.15~60 (1959)
- 8) 北海道農業試験場 : 北海道農業技術研究史. p.536~549 (1967)
- 9) 堀口逸雄 : 北海道農業における連・輪作の展開, 北農 **46** (10), 19~31 (1979)
- 10) 北海道立北見農業試験場 : 畑作物の連・輪作に関する長期試験, 北見農試資料, 第3号. p.10~60 (1981)
- 11) 農林水産技術会議事務局 : 連作障害要因の相互関連性の究明に関する特別研究推進会議資料 (その2). p. 9~11 (1970)
- 12) 農林水産省野菜試験場 : 野菜における連作障害の現況 (研究資料第5号). p. 7 (1978)
- 13) 石塚喜明・横田勝徳 : 甜菜の連作障害に関する研究, (第1報) 甜菜の連作による収量低下の実態と立枯病の関連, 土肥誌. **38**, 345~350 (1967)
- 14) 酒井 一・伏谷勇次郎・津田公男・石川昌男・浅野伸幸・梶田貞義・松田 明・下長根鴻・尾崎克己・渡辺文吉郎 : 畑水稲および陸稲の連作害と対策に関する研究 (第2報), 連作害対策試験, 茨城農試研報. **15**, 13~45 (1974)
- 15) 渡辺敏夫・安尾正元・石井和夫・永井政雄・市来小太郎 : 陸稲の連作障害に関する研究, 農事試研報. **5**, 1~44 (1963)
- 16) 山崎正枝・仲宇佐達也・加藤 治・伊藤佳信 : 陸稲の連作害に関する研究 (第1報), 東京農試研報. **2**, 33~46 (1957)
- 17) 植原一雄 : エンドウの連作障害について, 土と微生物 **15**, 21~25 (1974)
- 18) 仲宇佐達也・栗原茂次・橋本貞夫・田村光一郎 : 果菜類の連作害に関する研究, 東京農試研報. **3**, 9~26 (1964)
- 19) 服部 勉 : 土壌中の微生物群, 土壌微生物入門, 古坂澄石編, 共立全書 177, p.146, 共立出版 (1969)
- 20) 平野 暁 : 作物の連作障害. p.185, 農文協 (1977)
- 21) 石沢修一・鈴木達彦・甲田知則・佐藤修 : 土壌の微生物とその作用に関する研究, 農技研報 B, **8**, 87~88 (1957)
- 22) 沢田泰男 : 有機物分解速度の簡易測定法, 土肥誌, **40**, 121~122 (1969)
- 23) 田辺市郎・鈴木達彦 : 微生物に関する分析法, 分析特集号, 土肥誌, **37**, 34~45 (1966)
- 24) 鈴木達彦・石沢修一 : 畑土壌の微生物およびその活性と肥沃度, 農技研報 B, **15**, 92~186 (1965)
- 25) 京都大学農学部農芸化学教室編 : 農芸化学実験書, 第2巻. p.880, 産業図書株式会社 (1963)
- 26) 服部 勉 : 微生物の生育と栄養, 土壌微生物入門, 古坂澄石編, 共立全書 177, p.19, 共立出版 (1969)
- 27) 石沢修一・豊田広三 : 本邦土壌の微生物フロラに関する研究, 農技研報 B, **14**, 203~284 (1964)
- 28) 吉田富男・坂井 弘 : 北海道における各種土壌の微生物学的研究 (第1報), 各種土壌の微生物相とその作用 北農試資報 **79**, 36~44 (1962)
- 29) 西尾道徳 : 微生物活性と地力, 土壌管理と微生物, 出井嘉光監修. p.86~103, ホクレン・全農札幌支所 (1978)
- 30) 西田正男 : 農作物の根株が土壌中に残す有機物, 並びに肥料三要素, 北農, **4**, 480~482 (1937)
- 31) 沢田泰男 : 微生物活性と地力, 物質循環と微生物, 出井嘉光監修. p.44~59, ホクレン・全農札幌支所 (1978)
- 32) WILLIAMS, L. E. and SCHMITTENNER, A. F. : Effect of Crop Rotation on Soil Fungus Population, *Phytopathology*, **52**, 241~247 (1962)
- 33) 篠原辰彦・太田 庸・飯田 格 : 開墾地土壌における微生物フロラの推移, 東北農試研報, **33**, 426~569 (1966)
- 34) HERR, L. J. : Soil Mycoflora Associated with Continuous Cropping of Corn, Dat. and Wheat, *Ohio. J. Sci.* **57**, 203 (1957)
- 35) DOMSCH, K. H., GAMS, W. and WEBER, E. : The Influence of Different Precrops on Soil Fungal Flora in Wheat Fields., *Z. Pflangenernähr. Bodenk.*, **119**, 134~149 (1968)
- 36) DOMSCH, K. H., GAMS, W. and WEBER, E. : Di Bedeutung vorfruch tabhängiger Verschiebungen in der Boden Mikroflora, *Phytopathol. Z.*, **63**, 64~74 (1968)
- 37) 奥 八郎 : 植物病原微生物・ウイルスの制御と管理. p.67, 学会出版センター (1976)
- 38) 宇井格生 : 植物病理学. p.210, 朝倉書店 (1978)
- 39) 平野 暁 : 作物の連作障害. p.59, 67, 農文協 (1977)
- 40) 松田 明・下長根 鴻・尾崎克己・渡辺文吉郎 : 畑水稲および陸稲の連作害と対策に関する研究 (第1報) 連作害の症状と発生条件に関する試験, 茨城農試研報,

14. 1~19 (1973)
- 41) NISHIO, M. & KUSANO, S. : Fungi Associated with Roots of Continuously Cropped upland rice. *Soil Sci. Plant Nutr.* **19**. p.205~217 (1973)
- 42) 久保田 勝：畑水稲の連作障害について、土と微生物、**15**. 1~11 (1974)
- 43) 鏡谷大節・北沢健治：菜豆根腐病に関する研究（第3報）土壤微生物の本病病勢におよぼす影響について、北農試彙報、**81**. 33~42 (1963)
- 44) 伊藤征男：インゲンマメ根腐病菌の生態と防除、植物防疫、**29**. 366~370 (1975)
- 45) 松口龍彦：土壤微生物研究会編、土壤微生物実験法、p.380~382. 養賢堂 (1975)
- 46) 鈴木直治・笠井久三・中屋 完・荒木隆男・高梨友子：小麦立枯病に関する研究（第1報）自然条件下における感染経路、農技研報C、**7**. 1~63 (1957)
- 47) WONG, P. T. W. and WALKER, J. : Germinating Phialidic Conidia of *Gaeumannomyces graminis* and Phialophora-like Fungi from Gramineae, *Trans. Br. mycol. Soc.* **65** (I). 41~47 (1975)
- 48) HORNBY, D., SIOPE, D. B., GUTTERIDGE, R. J. and SIVANESAN, A. : *Gaeumannomyces Cylindrosporus*. a new *Ascomycete* from Cereal Roots. *Frans. Br. mycol. Soc.* **69** (1). 21~25 (1977)
- 49) MARGARET, E. BROWN. and HORNBY, D. : Behaviour of *Ophiobolus graminis* on Slides Buvied in Soil in the presence or Absence of Wheat Seedlings. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **56** (1), 95~103 (1971)
- 50) ROUATT, J.W., PETERSON, E. A. and KATJNEISON : Microorganisms in the Root Zone in Relation to Temperature, *Can. J. Microbiol.* **9**. 227~236 (1963)
- 51) PETERSON, E. A. : Observation on Fungi Associated with Plant Roots. *Can. J. Microbiol.* **4**. 257~265 (1958)
- 52) Crop Research Division Agricultural Research Service : Index of Plant Diseases in the United States. Agriculture Handbook No.165, p.215~217 (1960). USDA.
- 53) WALKER, J. : Take-all Diseases of *Gramineae* : A Review of Recent Work, *Rev. Plant Pathol.* **54**. 113~144 (1975)
- 54) 農林省北海道統計情報事務所：北海道農林水産統計年報（農林編）、1978~1979年、北海道農林統計協会協議会（1980）
- 55) 宮島邦之・坪本和男：*Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & Olivier var. *tritici* Walker によるコムギ立枯病の発生、北海道立農試集報、**45**. 38~46 (1981)
- 56) 阿部秀夫：テンサイの直播栽培における苗立枯病（特に *Aphanomyces cochlioides*）の発生消長と防除、てん菜研究会報、**17**. 63~70 (1976)
- 57) 鏡谷大節：てん菜立枯病菌の分離法、土壤病害の手引（II）、日本植物防疫協会、p.25~26 (1965)
- 58) 横沢菱三・宇井格生：土壤のちがいによる *Aphanomyces* 立枯病発生のちがいとそれに関与する土壤条件についての検討、てん菜研究報告補巻11, 160~164 (1969)
- 59) 横沢菱三・生越 明・酒井隆太郎：*Aphanomyces vaphani* Kendrick の遊走子による宿主植物への侵入機構、日植病報、**38**. 284~289 (1972)
- 60) 菅原寿一・藤井勝敏：紙筒育苗における立枯病防除法について（第1報）、ヒドロキシイソキサゾール（タチガレン）PCNB粉剤覆土消毒におけるタチガレン種子消毒及び有機物施用について、てん菜研究会報、第18号、97~103 (1976)
- 61) WALKER, J. C. and HARE, W. W. : Pea diseases in wisconsin in 1942, *Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bul.* **145**. 32 (1943)
- 62) 武田 潔：土壤微生物研究会編、土壤微生物実験法、p.62. 養賢堂 (1975)
- 63) SMITH, A. M. : Ethylene : a cause of fungistasis. *Nature.* **246**. 311 (1973)
- 64) 横井 肇：土壤物理性測定法委員会編、土壤物理性測定法、p.67~68 (1975)
- 65) 寺沢四郎：土壤物理性測定法委員会編、土壤物理性測定法、p.134~145 (1975)
- 66) 横沢菱三・国永史朗：*Aphanomyces euteiches*, および *A. cochlioides* 遊走子の土壤中における生存期間と感染力、日植病報、**43**. 501~507 (1977)
- 67) A review *Aphanomyces* species and their root diseases in pea and sugarbeet. *Technical Bulletin No. 1485. Agricultural Research Service. U. S. Dept. of Agriculture* (1974)
- 68) GRIFFIN, D.M. : Soil physical factors and the ecology of fungi. I. Behaviour of *Curvularia ramosa* at small soil water suctions. *Trans. Brit. mycol. Soc.* **46** (2), 273~280 (1963)
- 69) GRIFFIN, D.M. : Soil physical factors and the ecology of fungi. II. Behaviour. of *Pythium ultimum* at small soil water suctions. *Trans. Brit. mycol. Soc.* **46** (3). 368~372 (1963)
- 70) 松口竜彦・蘭 道生・石沢修一・鈴木達彦：土壤構造と微生物の生育、土壤の物理性、第28号、9~14 (1973)
- 71) 宇井格生・中村重治：てん菜の黒根病、特にその病原菌 *Aphanomyces cochlioides* DRECHSLER の病原性と寄主範囲について、甜菜研究会研究報告、第3号、78~95 (1963)
- 72) 景山幸二・宇井格生：*Pythium* spp. の選択分離培地、日植病報、**46**. 542~544 (1980)
- 73) 景山幸二・宇井格生・成田保三郎：インゲンの連作障害と *Pythium* spp. の関係、日植病報、**47**. 320~326 (1981)
- 74) 高橋 実：病原菌の分離と同定、土壤病害の手引、日本植物防疫協会、p.48 (1963)
- 75) 田中一郎・北沢健治：菜豆の根腐病について（予報）、日植病報（講要）、**22**. 56 (1957)

- 76) 田中一郎・北沢健治：菜豆の根腐病について(第2報)
日植病報(講要), **23**. 57 (1958)
- 77) 鏡谷大節・北沢健治：菜豆根腐病について(第4報),
本病原菌の土壌内生活状況について, 北農試彙報, **81**.
43~48 (1963)
- 78) 伊藤征男：インゲンマメ根腐病菌の生態と防除, 植物
防疫, **29**. 26~30 (1975)
- 79) OTIS, C. MALOY and WAITER, H. BURKHOLDER : Some
Effect of Crop Rotation on *Fusarium* Root Rot
of Bean, *Phytopathol.*, **49**. 583~589 (1959)
- 80) 伊藤征男・宇井格生：インゲン, ソラマメの生育に伴
なう *Fusarium oxysporum* f. *phaseoli* と *Fusarium*
solani f. *phaseoli* の行動, 日植病報, **36**. 163 (1970)
- 81) 古屋広光・大和田正幸・宇井格生：北海道北見地方に
存在するインゲン根腐病の発病抑止型土壌, 日植病報,
45. 608~617 (1979)

Soil Microorganisms in Continuous and Rotated Cropping in Gleyic Ordinary Andosols in Abashiri District.

by

Yasusaburo NARITA

Summary

1. Response of Soil Microorganisms to Different Cropping Systems.

The field experiment of continuous and rotated cropping was conducted for twenty years, beginning in 1959, at Hokkaido Kitami Agricultural Experiment Station.

Growth and yield of six crops (potato, sugarbeet, winter wheat, oat, soybean, kidney beans) gradually declined with the continuously cropped field.

For the following reasons it is concluded that the growth retardation was caused not by a reduction of soil fertility but by soil microorganisms : 1. the results of chemical analysis showed no difference between the two cropping systems even after twenty years treatment, 2. the growth retardation was eliminated by soil sterilization, even on the rotated field the growth retardation being detected, and 3. no harmful insects were detected on the continuously cropped field.

Generation of CO₂ and nitrification of continuous cropping soil was less than in the soil of the rotation system and little difference was observed among crops in the continuous system.

It is assumed that continuous cropping creates some peculiar microflora of low activity, or its soil condition.

2. Soil Microflora.

Soil microflorae in the continuous and rotated cropping field were investigated.

1. Fungi in continuous cropping soils were lower in number than those in rotated soil, in the decreasing order of gramineous crop < leguminous crop \leq potato < sugarbeet.

2. Actinomycetes were apt to be low in continuous cropped soils of potato, sugarbeet, and winter wheat, the difference not being clear for the other crops.

3. An interesting point was observed with bacteria in continuous bean field soil in that they appeared uniquely on plates containing only inorganic salts and glucose.

Apart from this, no significant difference was observed between the two cropping systems.

3. Fungi on Roots of Several Crops in Continuous and their Inoculation Test.

The growth retardation and the fungi on roots of several crops continuously and rotated cropping were compared in the long-term experiment field at Hokkaido Kitami Agricultural Experiment Station.

1. The growth retardation of plant continuously cropped was delayed in the stage of growth and were less in height, and their retardation order was kidney bean > soybean >

winter wheat > oat. But it was not clear about potato. When the phenomena were observed the fungi on roots of the crops were isolated.

2. The roots of each plant continuously cropped were browned and density order of brown were parallel to the retardation degree of the growth.

3. Sterile dark (informal name) was dominant fungus on root surface of winter wheat and *Fusarium* was fungus of kidney bean, soybean, and oat. The phenomena were remarkable on continuous cropping.

4. The results of inoculation test indicated that the growth relation of continuously cropped winter wheat was closely related to Sterile dark and that of kidney beans was with *Pythium sp.*

4. The Relation between Soil physical, Chemical, Microbial Factors and the Damping-off of Sugarbeet Caused by *Aphanomyces cochlioides* on the Continuously Cropped field.

The author investigated the relation between soil physical, chemical, microbial factors and the damping-off of sugarbeet seedlings grown experimentally on 24 different types of soils in Abashiri district. As the result, the damping-off of sugarbeet caused by *Aphanomyces* decreased on higher solid or lower liquid phases of soils. Severeness of the damping-off of sugarbeet caused by *Aphanomyces* was moderate correlation with the pore space of soils. The effect of preventing damping-off by lesser pore space of the soil was more obvious in the case of Engal soil than that of Kiyosato soil.

5. The Mechanism of the Decrease of Sugarbeet Damping-off Caused by *Aphanomyces cochlioides* by soil compaction after Seeding on the Continuously Cropped Field.

It was proved that the damping-off of sugarbeet caused by *Aphanomyces cochlioides* was somewhat prevented by decreasing the pore space of the soil. The soil compaction treatment was employed by using a roller after seeding on the continuously cropped field in order to decrease by gas phase of soil. As the result, it was confirmed that the damping-off of sugarbeet decreased clearly. The mechanism was shown by using the sand grits as artificial soils for which the pore characteristics was known over the relevant suction. It was presumed that in the range 1–11 μ m radius of soil pore the zoospores of *Aphanomyces cochlioides* could not germinate, therefore zoosporangia could not be produced and zoospores could not move.