

ま え が き

林業苗畑において、土壌線虫が苗木の生育障害に関与している被害実態および防除方法などについては、1964年度から1971年度の8ヶ年間にわたり、農林省林業試験場の指導のもとに関係県(道)立林業試験場による共同研究調査が実施された。

その結果、スギ、ヒノキ、マツなどの稚苗の生育不良化に関与している土壌線虫種は、*Pratylenchus penetrans* および *Pratylenchus coffeae* であることが明らかにされた。

苗畑における稚苗の生育不良化の発生病原としては、これら *Pratylenchus* spp. の単独加害の関与もあり得るが、生育不良症状の主因とみなされる根腐症状の発生には、その環境条件などからして土壌微生物とくに林業用稚苗に対して病原性を有する *Rhizoctonia solani* & *Fusarium oxysporum* など、*Pratylenchus* spp. とが混生する複合病原の影響が問題視されるに至った。

この複合病害については、すでに農作物などについてアメリカの研究者ほかによって明らかにされているが、本邦の林業苗畑においては被害実態調査の過程における被害事例およびネグサレ線虫防除試験結果の検討過程において明らかとなり注目されるに至った。

これら、*Pratylenchus* spp. などの病原が生息する圃場における防除方法については、殺線虫剤ほかの施薬ともなり殺線虫効果ならびに殺菌効果および苗木の生育にあたる影響などが共同研究によって明らかにされた。

しかし、*Pratylenchus* spp. の生息密度と被害発生の関係については、特定の地域における著しい高密度条件下における苗木(稚苗)の生育変動などから 5,000~8,000頭/根1g 以上になると単独加害が発生するであろうと推測されているにすぎない。

全国にまたがる共同研究参加、県(道)立林試の調査研究結果を比較検討してみても、生育不良地と判定された苗畑における *Pratylenchus*

spp. の寄生密度は 300~10,000頭/根1g とかなりのバラツキが認められ、生育不良症状の発生に関与していることは明らかであるが、これらのデータの中には複合病原の関与下における被害発生の生息密度をも包含していることを否定することはできない。

このため、*Pratylenchus* spp. の単独加害密度すなわち、防除を要する生育密度についてはいまだに報告のない実状にある。

したがって、*Pratylenchus* spp. の被害が発生する生息密度の明らかでない現状において、ネグサレ線虫が生息すれば、すでに明らかにされた防除法に従ってすべて薬剤防除を要するものであるかについては疑問が残されており、一面、防除にともなう農薬の乱用は局部的とはいえ土壌微生物相の単純化にともなう生態系への影響などの危険性もあり、栽培者にとっても経済的な防除対策とはいえない。

以上のような *Pratylenchus* spp. の生息を焦点とする根ぐされ病の防除に関する研究成果のなかで、本研究は残されている *Pratylenchus* spp. の生息下において、*R. solani* & *F. oxysporum* などが混生した場合の複合病原が被害発生におよぼす影響などについて、主要な病原下における被害度の解析と検討を行なったものである。

本解析は、中心病原である *Pratylenchus* spp. の人為的増殖が困難であり、反面、供試する線虫の頭数が多数であるため実数捕そく供試が不可能に近いこともあって、本研究を実施するに当たって最終的には汚染土および汚染根のりめ込みによる推定接種を行ない、調査時における根系への寄生密度にもとづいて解析を行なった。

被害の解析法としての自然圃場における一水準試験は処理間における *Pratylenchus* spp. の所要頭数差の設定が困難であり、ひいては結果の解析にあたって要因間の比較は、有意性の判定にもとづく傾向の把握にとどまり、供試病原に起因する被害度を定量的に解析できない等の欠点がある。

このため、要因間の解析を容易にするため人為的条件下における試験としてポット内に人工接種を行ない、試験解析法としては $2^3 \sim 4$ 型要因試験によるL8およびL16直交解析法を採用し、試行錯誤解析法によって病原の単独および複合にともなり被害度の定量的な解析を試みたものである。

この被害解析に関する研究は、1969~1971年度の3ヶ年間にわたって実施したものであり、細部については検討すべき点が残されてはいるが、*P. penetrans*の生息にともなって発生する根腐れ、被害に関与する病原の被害度を人為的環境下において解析することができたので報告する。

本研究の実施にあたり、病原菌菌株の分譲を戴いた農林省林業試験場保護部樹病研究室およびネグサレ線虫の分離および、分類その他にあたって絶大なる御協力を戴いた国政祐子女史に厚くお礼を申し上げる。

ネグサレ線虫 (*Pratylenchus penetrans*) の寄生密度別被害解析

目的

林業苗畑の生育不良化に関与することが明らかとなった、*Pratylenchus* spp.の根系への寄生密度にともなり、苗木の稚苗時代における被害への関与度を明らかにして経済的な防除指針とする。

試験方法

2^3 型要因試験として、L8直交定母解析法を採用しPot (1/2, 0, 0, 0)を用いて実施した。

1. 実施場所

場内の研究用圃地(シリンジ灌水施設およびダイオネット日蔭いの上にビニール布覆いを行ない降雨の遮断を設備)

2. 供試病原と接種方法

*Pratylenchus penetrans*を用い、あらかじめ検診しておいたスギ2年生汚染根内の寄生頭数にもとづいて、所要接種頭数となる換算汚染根量をウスブルン1000倍液中に数秒間浸して消毒を行なった後、ただちにうめ込み推定接種法に

よった。

うめ込み根量を各Potとも同一量とするため、スギ1年生無汚染根の完全殺菌を行なってうめ込み補正した。

3. 供試樹種および植付処理法

スギおよびヒノキを用い、 $HgCl_2$ の1,000倍液中で2.5分消毒後、蒸留水で水洗しその後、発芽皿に発芽するまでおき発芽後ただちに小穴をうがってうめ込み播種した。

4. 供試土壌

畑土(PH. 5.8), 細砂, オガクズ推肥を5:2:1の割合で混合したのち、 $15^{\circ}C$ 1時間の蒸気殺菌を行ない。

Potおよび素焼鉢に入れる際には蒸気殺菌した粗石を底部に敷きならべた。

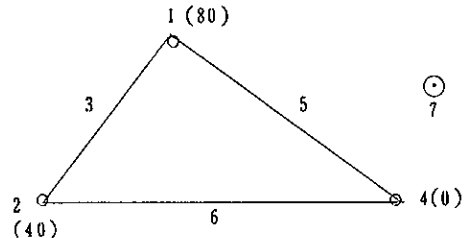
5. 解析法

L8直交定母解析法としてつぎの設定要因と水準による要因の解析を行なった。

(1) *P. penetrans* (P)の要因(推定接種量)と水準

水準	P ₁	P ₂	P ₃
1.	8000	4800	0 / 土, 300gあたり(汚染根による換算推定接種)
2.	0	0	0 接種深度10cm

(2) 年度別のL8 (2^7)直交表によるPotへの要因(処理)わりつけはつぎの線点図のとおり。



注 数字はわりつけ番号を示す。ただし()内はわりつけ要因(接種量, 単位100頭)を示す。

6. 管理方法

全試験期間ジョロによる適宜給水を行なった。

調査事項

1. *P. penetrans*の時期別、生息(寄生)密度Baermann氏法およびyoungの加温遊出法によって実施。

2. 病原菌の根系への寄生状況

秋期掘取時にアンチホルミン(10%)20倍液殺菌分離法によって実施。

3. 稚苗の成長

秋期掘取時に上長成長を測定

4. 気象条件

試験結果

1. P. Penetransの生息(寄生)密度
処理別、水準別の寄生密度は第1表のとおり。

第1表 P. penetransの水準別寄生密度

実験 番号	スギ(根1g)		ヒノキ(根1g)		参 考	備 考
	処 理 密 度	水 準 別 密 度	処 理 密 度	水 準 別 密 度	土50gあたり 生 息 数	
1	2194	2020	612	415	13	9月30日に検診した ものである。
2	1846		218		23	
3	450	585	56	88	4	
4	720		120		15	
5	442	371	40	67	16	
6	300		94		5	
7	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	

2. 病原菌の根系への寄生状況

寄生実態は第2表のとおり。

第2表 病原菌の分離結果

30VI~16XI 調査

実験 番号	組合せ 表 示	F. oxysporum & R. solani ほかの根系からの 検出有無	摘 要
1	P12	-	
2	P12	-	
3	P 8	-	
4	P 8	-	
5	P 4	-	
6	P 4	-	
7	0	-	
8	0	-	

注) 分離培養はアンチホルミン(10~11%)20倍液を用いて行なった。

3. 稚苗の成長への影響

スギ、ヒノキにおける処理別の上長成長と病原の関与にともなう被害発生との因果関係の解析結

は第3表、第4表ならびに第1図のとおり。

4. 気象条件

試験期間中の気象条件は第5表のとおり。

第3表 P. penetransの寄生密度別被害(スギ、上長成長)解析表

26.X. 調査

種別 実験番号	L8(2 ⁷)直交表へのわりつけ列番			組合せ 表示	Pot 順位	データ (cm)	イエーツ算法			効果 3/4	分散 (3 ²)/8	基本表示	要因
	1	2	4				1°	2°	3°				
1	1	1	1	8+4	4	6.4	12.3	27.2	60.5	(7.56)	-	(CF)	-
2	1	1	2	8+4	1	5.9	14.9	33.3	0.5	0.13	0.03	c	P ₀
3	1	2	1	8	6	7.1	16.4	-0.2	-3.1	-0.78	1.20	b	P ₄
4	1	2	2	8	3	7.8	16.9	0.7	0.9	0.23	0.10	bc	e
5	2	1	1	4	8	8.3	0.5	-2.6	-6.1	-1.53	4.65	a	P ₈
6	2	1	2	4	2	8.1	-0.7	-0.5	-0.9	-0.23	0.10	ac	e
7	2	2	1	0	7	8.7	0.2	1.2	-2.1	-0.53	0.55	ab	e
8	2	2	2	0	5	8.7	0.5	-0.3	1.5	0.38	0.28	abc	e
基本表示	a	b	c	計		6.05	6.4 × 2 ³ = 51.2				6.91		
要因	P ₈	P ₄	P ₀	平均		(7.56)	(8) ⊕ 63.4 ⊖ 12.2						

信頼区間 $t_{4} 0.05 L(2.766) \sqrt{\frac{0.26}{4}} = 0.71 \text{ cm}$ $L \cdot S \cdot D = t_{4} 0.05 L(2.776) \sqrt{\frac{2 \times 0.26}{4}} = 1.00 \text{ cm}$

$0.01 L(4.604) \sqrt{\frac{0.26}{4}} = 1.17 \text{ cm}$ $**$

寄生密度による加害度定出解析

$P_8 + P_4 = -2.31 \pm 0.71 = -1.60 \sim -3.02 \text{ cm}$ Pの寄生度(0: 2.020/根1g)としたときの成長抑制は頭
 $P_8 = -1.53 \pm 0.71 = -0.82 \sim -2.24 \text{ cm}$ $**$
 $P_4 = -0.78 \pm 0.71 = -0.07 \sim -1.49 \text{ cm}$ $**$
 $P_0 = 0.13 \pm 0.71 = 0.84 \sim -0.58 \text{ cm}$ Pの無寄生下における成長偏差は頭
 (0: 5.85/根1g) $**$
 (0: 3.71/根1g) $**$

最悪期待推定成長量 = $7.56 - 1.53 - 0.78 + 0.13 = 6.08 \text{ cm}$
 最悪条件下で実施したNo.12の平均試験結果(6.15cm)に非常に近い。

分散分析表

要因	d.f	SS	S	F ₀	F(0.05)	(0.01)
P ₈	1	4.65	4.65	17.88*	7.71	21.2
P ₄	1	1.20	1.20	4.62	< 7.71	
P ₀	1	0.03	0.03	0.12	< 7.71	
e	4	1.03	0.26			
全体	7	6.91				

第4表 P. penetrans 寄生密度別被害（ヒノキ，上長成長）解析表 26X 調査

種別 実験番号	L8(2 ⁷) 直交表へのわりつけ列番		組合せ 表示	Pot 順位	データ (cm)	イエーツ算法			効果 3°/4 (6.11)	分散 (3°) ² /8	基本表示	要因
	1	2				1°	2°	3°				
1	1	1	8+4	4	4.8	1.0	2.8	4.89	(6.11)	-	(CF)	
2	1	1	8+4	1	6.2	1.8	2.6	2.3	0.58	0.66	c	P ₀
3	1	2	8	6	6.6	1.7	0	-3.5	-0.88	1.53	b	P ₄
4	1	2	8	3	5.2	1.4	2.3	-3.3	-0.83	1.36	bc	e
5	2	1	4	8	6.3	-1.4	-0.8	-3.3	-0.83	1.36	a	P ₈
6	2	1	4	2	5.4	1.4	-2.7	-2.3	-0.58	0.66	ac	e
7	2	2	0	7	7.9	0.9	-2.8	1.9	0.48	0.45	ab	e
8	2	2	0	5	6.5	1.4	-0.5	-2.3	-0.58	0.66	abc	e
基本表示	a	b	c	計	4.89	4.8×2 ³ =38.4			6.68			
要因	P ₈	P ₄	P ₀	平均	(6.11)	(8) ⊕ 5.31						
						(8) ⊖ 1.47						

最悪期待（推定）成長量 6.11 - 0.83 - 0.88 + 0.58 = 4.88 cm

分散分析表

要因	d.f	SS	S	F ₀	F(0.05)
P ₈	1	1.36	1.36	1.74	< 7.71
P ₄	1	1.53	1.53	1.96	< 7.71
P ₀	1	0.66	0.66	0.85	< 7.71
e	4	3.13	0.78		
全体	7	6.68			

この条件下で実施したNo. 1~6区
の平均試験結果の方がいずれもすぐ
れており有意性のないのが立証され
る。

第5表 気象資料

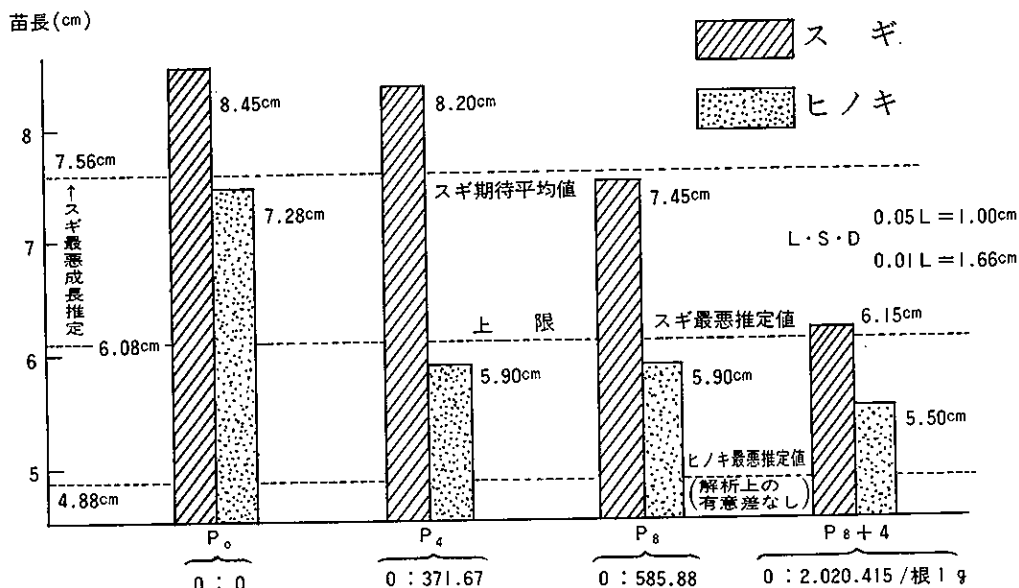
月(期間)別		気 温 (°C)			降 水 量	湿 度	地中温度
月	旬	平 均	最 高	最 低	(mm)	(%)	10cm
4	上	10.7	18.5	3.1	30.4	79	11.6
	中	11.1	18.7	2.9	30.2	69	11.9
	下	12.8	21.8	4.9	19.6	65	14.0
	平均	11.6	19.7	3.6	80.2	71	12.5
5	上	13.1	19.7	5.7	18.4	79	14.7
	中	17.8	24.4	10.3	12.4	75	17.7
	下	19.6	27.0	12.7	83.2	86	20.2
	平均	16.3	23.1	9.3	114.5	77	17.0
6	上	19.8	24.6	14.2	121.8	80	20.0
	中	20.9	25.8	15.2	28.4	85	21.5
	下	22.3	26.7	17.6	87.6	83	20.2
	平均	21.0	25.7	15.6	163.8	83	20.5
7	上	25.8	30.2	21.7	116.1	82	25.0
	中	25.4	31.3	20.0	37.0	80	24.8
	下	27.1	32.4	23.6	256.7	99	27.9
	平均	25.3	30.3	21.1	409.8	84	25.1
8	上	28.5	32.6	22.1	8.0	67	26.7
	中	25.8	29.8	21.2	30.7	75	25.4
	下	27.4	32.5	20.5	80.4	87	27.1
	平均	26.3	30.6	20.6	119.1	74	25.6
9	上	22.4	26.8	17.4	160.2	81	25.0
	中	20.4	25.3	13.2	101.8	83	21.8
	下	20.8	26.4	15.7	25.6	84	22.4
	平均	21.2	26.2	16.1	287.6	83	23.0
10	上	15.8	22.8	10.2	31.6	86	18.3
	中	13.8	20.9	7.6	19.2	?	16.4
	下	11.5	19.3	4.3	32.6	82	14.7
	平均	13.7	21.0	7.4	83.8	84	16.5

第1図

P. penetrans. の寄生密度別被害解析

稚苗の上長成長

L₈ 直交解析にともなう処理の平均



- ② 1. ヒノキは寄生密度の低かったこととNo. 3・4・5・6区の密度管理の不備によって有意差はみとめられない。
2. *pratylenchus* sp の密度増加にともなう被害度は薬剤防除を行った場合は、密度による被害と薬剤の成長助長作用が相殺されて差となって現われないことが推定される。

考 察

試験データについて、定量解析結果にもとづいて検討を加えらるるとおりのことである。

1. スギ稚苗の場合は、データから解析される最悪成長推定値(第3表、および第1図)を指標としてP. penetransの加害度を推論すると、P. penetransの根系への寄生密度が約600頭/根1g (No. 3, 4区)以上になると上長成長が抑制され始め、この寄生密度が約2000頭/根1g (No. 1, 2区)以上になると生育不良現象の生ずることを推論することができる。

2. ヒノキ稚苗の場合は、P. penetransの寄生密度が67~415頭/根1gと低かったこともあって、寄生密度0:67~415頭/根1g

間においてはデータの定量解析によっては稚苗の生育に及ぼす影響の有意差はみとめられなかった。

以上の解析結果を要約するとP. penetransのスギ稚苗、根系への寄生密度が約600頭/根1g以上になると上長成長の抑制作用が現われ始め、約2000頭/根1g以上になると上長成長の生育不良現象の発生することが定量的に推論された。

ヒノキ稚苗については、有意な解析結果が得られなかったが、実態調査結果等のデータを加味して推定を行なうと生長抑制作用の現われる寄生密度は、スギ稚苗の場合より低い密度で発生する傾向がみとめられており、スギ稚苗の生育を抑制

する寄生密度以下(500頭/根1g附近)においてすでに生育不良現象が発生するものと考えられる。

ネグサレ線虫 (Pratylenchus penetrans) とリゾクトニア菌(Rhizoctonia Solani) との複合被害の解析

目的

林業苗畑の生育不良化の一因であるP. penetransは、生息(寄生)密度が高密度にならないと単独病原としては枯死害および生育などについての影響は問題視するほどのものでないことが明らかとなった。

しかし、現実の苗畑における立枯病の発病地においては、Pratylenchus spp.の生息(寄生)密度が低くても、被害の著しくなる傾向がみとめられている。

このような障害の一因と目される複合病原としてのP. penetransとR. solaniとの混生条件下における被害の実否を明らかにして防除対策指針とする。

試験方法

2³型要因試験としてL8直交定置解析法を採用しPott(1/2,000)を用いて実施した。

1. 実施場所

P. penetransの寄生密度別、被害解析試験地に同じ。

2. 供試病原と接種方法

(1) P. penetransを用い、あらかじめ検診しておいた汚染畑土の生息数にもとづいて、所要接種頭数となる換算畑土量をうめ込み推定接種法によった。

(2) R. solaniおよび比較対照のため供試したF. oxysorum、P-2は、あらかじめふすま、もみがら接種用培地に培養しておいたものを所定量接種しうめ込み培養基を各Pottとも同一量とするため無菌の接種用培養基をうめ込み補正した。

(3) 供試土壌および植付処理法

スギを用い、植付処理法は、P. penetrans

の寄生密度別、被害解析試験に同じ。

4. 供試土壌

P. penetransの寄生密度別、被害解析試験に同じ。

5. 解析法

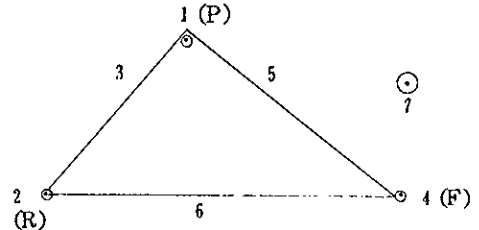
L8直交定置解析法としてつぎの設定要因と水準による要因の解析を行なった。

(1) P. penetrans(P)および、R. solani(R)ならびにF. oxysporum(F)についての要因(接種量)と水準

水準	R	F	P
1	15g/1Pott	15g/1Pott	汚染畑土(20頭/300g ±50gの汚染土)

2. 0 0 0
接種深度 P 3~5cm下
R, F 6~10cm下

(2) L8(2⁷)直交表によるPottへの要因(処理)わりつけはつぎの線点図のとおり。



注 数字はわりつけ列番を示す。ただし()内はわりつけ要因(病原種)を示す。

6. 管理方法

P. penetransの寄生密度別、被害解析試験の管理方法に同じ。

調査事項

1. P. penetransの時期別、生息(寄生)密度

P. penetransの寄生密度別、被害解析試験の調査方法に同じ。

2. R. solaniおよびF. oxysporumの根系への寄生状況

P. penetransの寄生密度別、被害解析試験の調査方法に同じ。

3. 稚苗の枯死および成長量

枯死数は播種30日後に調査、成長量は秋期掘取り時に実施。

4. 気象条件

試験結果

1. P. penetrans の生息 (寄生) 密度

秋期における分離数は、土壌中、1~2頭/土50g、根系中2頭/根1gと接種方法の不適なため、その繁殖がわずかであり処理間の差もみとめられないのでとりまとめを行わなかった。

2. R. solani および F. oxysporum の根系への寄生状況

(1) 4月25日から5月25日にかけての枯死苗の根系からは、接種病原および P. penetrans

の接種に用いた畑土に混入していたものと考えられる。R. solani ならびに F. oxysporum などの寄生がみとめられた。

(2) 5月25日掘取り調査を行なった稚苗のうち、F. oxysporum 接種区の根系には寄生が著しかった。

3. 稚苗の枯死害への影響

第6~1, 2表に示すような病原の関与にともなう枯死苗発生との因果関係の解析結果が得られた。

第6~1表 P.F.Rの複合 被害、播種30日後の枯死害解析表 25.V 植付 25.V 調査

実験 番号	L8(2 ⁷)直交表への わりつけ列番			組合せ	Pot 順序	デ-タ (本)	イエーツ算法			効果 3/4	分散 3 ² /8	基本表示	要 因
	1	2	4				1°	2°	3°				
1	1	1	1	PFR	4	26	35	66	128	16	2048	(CF)	
2	1	1	2	P F	1	9	31	62	64	16	512	c	R
3	1	2	1	P R	6	24	35	34	12	3	18	b	F
4	1	2	2	P	3	7	27	30	12	3	18	bc	e
5	2	1	1	F R	8	22	17	4	4	1	2	a	P
6	2	1	2	F	2	13	17	8	4	1	2	ac	e
7	2	2	1	R	7	24	9	0	-4	-1	2	ab	e
8	2	2	2	O	5	3	21	-12	12	3	18	abc	e
基本表示	a	b	c		計	128	26×2 ³ =208				2620		
要 因	P	F	R		平均	(16)							

第6~2表 分散分析表

要 因	d.f	SS	S	F ₀
全 体	7	572		
P	1	2	2	0.2
F	1	18	18	1.8
R	1	512	512	51.2*
e	4	40	10	

$$F \frac{1}{4} (0.01) = 21.2$$

$$L.S.D = t_4 (0.05) \cdot 4.60, \sqrt{\frac{2 \times 10}{4}} = 1.030 \therefore 1.6 \pm 1.030 : R 5.7 \text{ g 接種} \rightarrow$$

約24本枯死発生

4 稚苗の生育抑制への影響

第7～1～2表に示すような病原の関与にともなう生育との因果関係の解析結果が得られた。

第7～1表 PFRの複合、被害、苗木生育抑制量解析表

2.5. IV 植付 1.3.X調査

種別 実験番号	L8(2 ⁷)直交表への わりつけ列番			組合せ	Pot 順序	データ (cm)	イエーツ算法			効果 3 ³ /4	分散 3 ² /8	基本表示	要因
	1	2	4				1°	2°	3°				
1	1	2	1	PFR	4	23.7	38.0	71.0	147.0	18.375	270.112	(CF)	
2	1	1	2	PF	1	14.3	33.0	76.0	13.0	3.25	21.13	c	R
3	1	2	1	PR	6	12.7	35.0	1.8	1.0	0.25	0.13	b	F
4	1	2	2	P	3	20.3	41.0	-14.8	15.0	3.75	28.13	bc	FR
5	2	1	1	FR	8	13.3	9.4	5.0	-5.0	1.25	3.13	a	P
6	2	1	2	F	2	21.7	-7.6	-6.0	16.6	4.15	34.45	ac	PR
7	2	2	1	R	7	17.3	-8.4	17.0	11.0	2.75	15.13	ab	PF
8	2	2	2	O	5	23.7	-6.4	-2.0	19.0	4.75	45.13	abc	e
基本表示	a	b	c	計		147.0							
要因	P	F	R	平均		(18.375)	2.3.7×2 ³ =				2848.35		

第7～2表 分散分析表

要因	d, f	SS	S	F ₀
全体	7	147.13	147.13	
P	1	15.13	15.13	3.41
P	1	34.45	34.45	7.76*
P	1	3.15	3.13	0.70
F	1	28.13	28.13	6.33*
F	1	0.13	0.13	0.03
R	1	21.13	21.13	4.76*
	1	45.13	45.13	>
個体差	$\frac{8 \times 2}{16}$	$\rightarrow S = \frac{13.31}{3} = 4.44$ (SBP 本数)		

$$F_{16}^{1} (0.05) 4.49$$

$$F_{16}^{1} (0.05) 4.49$$

5 気象条件

試験期間中の気象条件は、P. penetransの寄生密度別、被害解析試験と同じである。

考察

P. penetransの供試スギ稚苗への寄生密度が約2頭/根1gと極めて少数であり、また処理間における寄生密度差もみとめられず接種にともなう寄生、繁殖ははかれなかったことなどデータの解析に、不備な点のあることは否定できないが、

稚苗の生育に関する各病原の影響はつきのように解析された。

1. 稚苗の枯死害に関する病原の被害度

種子植付後30日後における稚苗の枯死害に関する病原の被害度は土壌中の湿度が高い条件下における単独の病原性しか解析できなかった。

R. solaniは、5.7g (Pot. 1/2000)の接種によって31本中24本(約77%)を枯死させる病原性のあることを推論することができ

る。

2 稚苗の生育に關与する複合病原の被害度R、solaniの病原性が著しかったことが、データの解析に際しての試験誤差に影響したため、複合病原性は定量的には解析できず有意性の判定にもとづく推定にとどまった。

R. solaniは、単独病原としても有意な病原性が解析されるが、少数とはいえ、P. penetransとの混生条件下においては、その生育抑制度のさらに著しくなることを推論することができる。

以上の解析結果を要約すると、スギ稚苗の発芽初期における枯死害の発生に対して、R. solaniの病原性の著しいことが定量的に推論された。

また、稚苗の生育抑制に關与する複合病原としては、P. penetransの低寄生密度下においても、R. solaniとの複合病原下では、被害の著しくなることが推定された。

これら、単独病原と複合病原との間には、PまたはR<P R, FまたはR<F R, PまたはF<P Fの關係が成り立ち単独病原下より複合病原下のほうが稚苗の生育不良化にあたる影響の著しくなることが推論された。

<ネグサレ線虫(Pratylenchus penetrans)とフザリウム菌(Fusarium oxysporum)との複合被害の解析

目的

林業苗畑の生育不良化の一因であるP. penetransは、その生息(寄生)密度が高密度にならないと単独病原としては、稚苗の生育にあたる影響は問題視するほどのものでないことが明らかとなった。

しかし、現実の苗畑においてはpratylenchus spp.の生息(寄生)低密度条件下においてもFusarium sp.が混生すると被害の著しくなることが判明し問題視されている。

この複合病原としてのP. penetransとF. oxysporumとの混生条件下における被害の実否を明らかにして防除対策指針とする。

試験方法

2⁴型要因試験としてL16直交定置解析法を採用しPot(1/2000)を用いて実施した。

1. 実施場所

P. penetransの寄生密度別、被害解析試験地に同じ。

2. 供試病原と接種方法

P. penetransを用い、接種方法等は、P. penetransの寄生密度別、被害解析試験に同じ。

3. 供試樹種および植付処理法

スギおよびヒノキを用い、植付処理法は、P. penetransの寄生密度別、被害解析試験に同じ。

4. 供試土壌

P. penetransの寄生密度別、被害解析試験に同じ。

5. 解析法

L16直交定置解析法としてつぎの設定要因と水準による要因の解析を行なった。

(1) P. penetrans(P)およびF. oxysporum(F)についての要因(接種量)と水準

1) 設定要因と水準

Aブロック.....(B)	B ₁ ...南側	} Potの位置
	B ₂ ...北側	
B線虫密度(±300gあたり頭)		

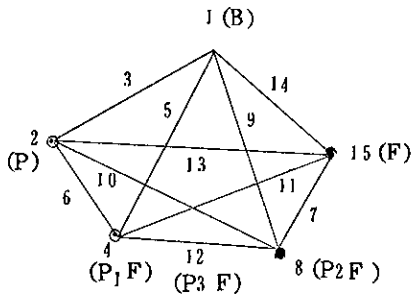
(P) 0, 1000.....1次因子

C複合病原...(PF)	P ₁ F	P ₂ F	P ₃ F	P ₄ F	
線虫密度					
(±300g...)	(P)	0	0	1000	1000
あたり頭)					

フザリウム						
菌(1Pot...)	(F)	0	0	30	0	...2次
あたり接種						因子
量,g)						

Dフザリウム				
菌(1Pot...)	(F)	0		30
あたり接種				
量,g)				

2) L16(2¹⁵)直交表によるPotへの要因(処理)わりつけはつぎの線点図のとおり。



注 数字はわりつけ列番を示す。ただし()内はわりつけ要因を示す。

6. 管理方法

P. penetransの寄生密度別, 被害解析試験の管理方法に同じ。

第8表 P. penetransの水準別, 寄生密度

表番 験号	組合せ表示	スギ(根1g)		ヒノキ(根1g)		参 考 ±50gあたり 生息数	備 考
		処理区 別密度	水準別密度	処理区 別密度	水準別密度		
1	0	0頭	頭	0頭	頭	0頭	9月30日に分離したものである。
2	F30	0		0		0	
9	F30	0	$P_0^{1\sim2}=0$	0	$P_0^{1\sim2}=0$	0	
10	0	0	$(\begin{matrix} F=0 \\ P_0=0 \end{matrix})$	0	$(\begin{matrix} F=0 \\ P_0=0 \end{matrix})$	0	
3	P1000 F60	1.810		70		3	
4	P1000	2.356	$P_{10}^1=1.811$	420	$P_{10}^1=2.91$	6	
11	P1000 F30	730	$(\begin{matrix} P=2.356 \\ PF=\frac{3.800}{3} \end{matrix})$	70	$(\begin{matrix} P=4.20 \\ PF=\frac{4.82}{3} \end{matrix})$	31	
12	P1000 F30	1.260	$P_0=9.06$	342	$P_0=14.6$	2	
5	P1000 F30	2.600		596		0	
6	P1000	2.110		55		8	
13	P1000	1.040	$P_{10}^2=1.598$	140	$P_{10}^2=2.36$	11	
14	P1000 F30	640	$(\begin{matrix} P=\frac{31.50}{2} \\ PF=\frac{32.40}{2} \end{matrix})$	150	$(\begin{matrix} P=\frac{19.5}{2} \\ PF=\frac{7.46}{2} \end{matrix})$	7	
7	P2000 F30	1.860		120		5	
8	P2000 F30	3.820	$P_{20}=2.575$	176	$P_{20}=6.87$	8	
15	P2000 F60	1.430	$(\begin{matrix} P=2.780 \\ PF=\frac{7.110}{3} \end{matrix})$	225	$(\begin{matrix} P=1.200 \\ PF=\frac{5.21}{3} \end{matrix})$	10	
16	P2000	2.780	$P_{10}=2.087$	1200	$P_{10}=4.62$	8	

注 PF=1.757……平均 PF=2.36……平均

調査事項

- P. penetransの生息(寄生)密度
P. penetransの寄生密度別, 被害解析試験の調査方法に同じ。
- F. oxysporumほかの根系への寄生状況
Pratylenchus sp.の寄生密度別, 被害解析試験の調査方法に同じ。
- 稚苗の成長
秋期掘取時に実施
- 気象条件

試験結果

- P. penetransの生息(寄生)密度
(1) 処理別, 水準別の生息(寄生)密度は第8表のとおり。

2. *F. oxysporum*ほかの根系への寄生状況処理別の寄生状況は第9表のとおり。

第9表 病害菌の分離結果

30.VI~16.XI 調査

実験 番号	組 合 せ 表 示	<i>F. oxysporum</i> の 根系からの検出有無	摘 要
1	0	-	
2	F30	+	
3	P1000 F60	+	
4	P1000	-	
5	P1000 F30	+	
6	P1000	-	
7	P2000 F30	+	
8	P2000 F30	+	
9	F30	+	
10	0	-	
11	P1000 F30	+	
12	P1000 F30	+	
13	P1000	-	
14	P1000 F30	+	
15	P2000 F60	+	
16	P2000	+	

3. 稚苗の成長への影響

スギ、ヒノキにおける処理別の上長成長および病原の関与にともなう被害発生との因果関係の解析結果は第1011表ならびに第2図のとおり。

種別 実験 番号	L16(2 ¹⁵)直交 表へのわけつけ列番			組合せ		組合せ 表示	Pot 順次	上長 成長量 (cm)	yatesの計算				効果分散	基本 表示	因 要		
	①	②	③	④	⑤				(1)	(2)	(3)	(4)				(4)/8 (7.43)	(4) ² /16
	1次	P	P ₁ F	P ₂ F	F	1次	2次										
1	1	1	1	1	1	P ₀	4	7.6	1.41	2.90	5.80	11.89	-	-	(CF)		
2	1	1	2	2	2	P ₀	2	6.5	1.49	2.90	6.09	-1.05	6.89	d	P ₀ ² F ₀ ²		
3	1	1	2	1	2	P ₀	3	5.4	1.73	2.98	-7.4	1.07	7.16	c	P ₀ ² F ₀ ¹		
4	1	1	2	2	1	P ₀	1	9.5	1.17	3.11	-3.1	0.5	0.02	cd	P ₁₀ F ₃		
5	1	2	1	1	2	P ₁₀₀₀	5	7.0	1.76	-3.0	4.8	-1.3	0.11	b	P		
6	1	2	1	2	2	P ₁₀₀₀	2	10.3	1.22	-4.4	5.9	-5.1	1.63	bd	(P ₀ ² F ₀ ²)		
7	1	2	2	1	2	P ₁₀₀₀	6	5.3	1.58	-4.8	3.0	-1.5	0.14	bc	(P ₀ ¹ F ₀ ¹)		
8	1	2	2	2	1	P ₁₀₀₀	7	6.4	1.53	1.7	-2.5	1.1	0.14	bcd	(P ₁₀ F ₃)		
9	2	1	1	1	2	P ₀	15	6.5	1.1	-0.8	0	-2.9	0.53	a	(B)		
10	2	1	1	2	2	P ₀	13	11.1	-4.1	5.6	-1.3	-4.3	1.16	ad	e ₂		
11	2	1	2	1	2	P ₀	14	6.0	-3.3	5.4	1.4	-1.1	0.08	ac	e ₂		
12	2	1	2	2	1	P ₀	16	6.2	-1.1	0.5	-6.5	5.5	1.89	acd	(P ₁₀ F ₃ F ₃)		
13	2	2	1	1	1	P ₁₀₀₀	12	8.8	-4.6	5.2	-6.4	1.3	0.16	ab	e ₁ =(P ₁₀ F ₃ F)		
14	2	2	1	2	2	P ₁₀₀₀	9	7.0	-0.2	-2.2	4.9	7.6	3.14	abd	P ₀ ¹ F ₀ ¹ F		
15	2	2	2	1	2	P ₁₀₀₀	11	7.6	1.8	-4.4	7.4	-11.3	7.98	abc	P ₀ ² F ₀ ² F		
16	2	2	2	2	1	P ₁₀₀₀	10	7.7	-0.1	1.9	-6.3	13.7	1.71	abcd	F		
基本 表示	a	b	c	d	e											42.65	
要 因	B	P	P ₀ ¹ P ₀ ²	P ₁₀ F	F												
			F ₀ ¹ F ₀ ²	F ₃													
計								11.89	7.6	2.4	=12.16	(1.6)					
平均								(7.43)									

第10-2表 分散分析表

要因	SS	d.f	S	F ₀	F	
					0.05L	0.01L
ブロック (B)	0.53	1	0.53	1.18	10.13	
線虫密度 (P)	0.11	1	0.11	0.24	10.13	
複合病原 (PF)	14.07	3	4.69	10.42*	9.28	29.46
フザリウム病原 (F)	11.73	1	11.73	26.07*	10.13	34.12
交互作用	(P×PF)	1.85	3	0.62	1.38	9.28
	(F×PF)	13.01	3	4.34	9.64*	9.28
誤差 (e)	1.35	3	0.45			
全体	42.65	15				

$$L.S.D t_3 \begin{matrix} 0.05L \\ 0.01L \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} 3.182 \\ 5.841 \end{matrix} \right\} \times \sqrt{\frac{2 \times 0.45}{4}} = \begin{matrix} 1.51cm \\ 2.77cm \end{matrix}$$

上長成長におよぼす供試病原の定量, 解析 (平均成長 7.43cm)

1. P. penetrans の影響

密度差 - 0.16cm (Pの効果から)

0頭/根1gの成長 $7.43 + (-0.16) = 7.3cm$

1000頭/根1gの成長 $7.43 - (-0.16) = 7.6cm$

2. F. oxysporum の影響

接種源差 1.71cm (Fの効果から)

接種量0gの成長 $7.43 + 1.71 / 2 = 8.3cm$

30gの " $7.43 - 1.71 / 2 = 6.6cm^*$

3. P. penetrans & F. oxysporum の影響

母平均の推定

要因効果 (4列)	yates の計算 (1)	の計算 (2)	平均成長 (2)/16	処理内容
総計	118.9	129.6	119.6	P1F
P1F	10.7	-1.00	9.76	P3F
P2F	-10.5	10.82	139.6	P2F
P3F	0.5	-11.0	119.2	P4F

∴ P3Fが最悪成長を示す
 $\frac{(7.5+8.7)}{2} = 8.1cm > 6.1cm^*$

<最悪水準の推定>

P. penetrans (P) 差なし(906:2087頭/根1g)

F. oxysporum (F) F30g

複合病原 (PF) P1000頭F30g

(1.752頭/根1g)

このときの期待成長量

$$7.43 + \frac{-0.16}{2} + \frac{1.71}{2} + (6.1 - 7.43) = 6.9cm$$

この誤差分散

$$\frac{1+1+1+3}{16} \times 0.45 = 0.17$$

95%の信頼区間

$$t_3 0.05L(3.182) \times \sqrt{0.17} = 1.3$$

$$\therefore 6.9 \pm 1.3 = 8.2 \sim 5.6cm$$

この水準で実施したNo.3区が, 5.4cmであり, 推論値の極めて近いことを示している。

第11-1表 P、Fの複合被害度(ヒノキ)定置解析表

種別 実施 番号	L ₁₆ (2 ¹⁵)直交 表へのわりつけ列番				組合せ		組合せ 表示	順序		上長 成長量 (cm)	Yates の計算				効果分 (4) ² /16	分散 表示	基本 表示	要 因
	1次		2次		1次	2次		(1)	(2)		(3)	(4)						
	P	F	P ₁ F	F ₀														
1	1	1	1	1	1	P ₀	F ₀	4		7.8	13.7	25.2	47.8	96.2	(6.01)	-	(CF)	
2	1	1	1	2	2	P ₀	F ₃₀	2	1	5.9	11.5	22.6	48.4	-8.6	-1.08	d	P ₀ ² F ₀ ²	
3	1	1	2	1	2	P ₀	F ₃₀	3		4.0	12.6	24.0	-5.6	13.6	1.70	c	P ₀ ¹ F ₀ ¹	
4	1	1	2	2	1	P ₀	F ₀	1		7.5	10.0	24.4	-3.0	1.6	0.16	cd	P ₁₀ F ₃	
5	1	2	1	1	2	P ₁₀₀₀	F ₃₀	5		4.6	14.4	-1.6	4.8	2.2	0.28	b	P	
6	1	2	1	2	2	P ₁₀₀₀	F ₀	8	2	8.0	9.6	-4.0	8.8	-3.4	-0.43	bd	(P ₀ P ₀ ² F ₀ ²)	
7	1	2	2	1	2	P ₁₀₀₀	F ₀	6		4.7	14.2	-4.4	2.6	0.4	0.05	bc	(P ₀ P ₀ ¹ F ₀ ¹)	
8	1	2	2	2	1	P ₁₀₀₀	F ₃₀	7		5.3	10.2	1.4	-1.0	2.8	0.35	bcd	(P ₀ P ₁₀ F ₃)	
9	2	1	1	1	2	P ₀	F ₃₀	15		5.3	1.9	2.2	2.6	-0.6	0.08	a	(B)	
10	2	1	1	2	2	P ₀	F ₀	13	4	9.1	-3.5	2.6	-0.4	-2.6	-0.33	ad	e ₂	
11	2	1	2	1	2	P ₀	F ₀	14		4.5	-3.4	4.8	2.4	-4.0	-0.50	ac	e ₂	
12	2	1	2	2	1	P ₀	F ₃₀	16		5.1	-0.6	4.0	-5.8	3.6	0.45	acd	(P ₁₀ F ₃ F ₃)	
13	2	2	1	1	1	P ₁₀₀₀	F ₀	12		8.0	-3.8	5.4	-0.4	3.0	0.38	ab	e ₁ =(P ₁₀ F ₃ F)	
14	2	2	1	2	2	P ₁₀₀₀	F ₃₀	9	3	6.2	-0.6	-2.8	0.8	8.2	1.03	abd	P ₀ ¹ F ₀ ¹ F	
15	2	2	2	1	2	P ₁₀₀₀	F ₃₀	11		4.9	1.8	-3.2	8.2	-1.2	-0.15	abc	P ₀ ² F ₀ ² F	
16	2	2	2	2	1	P ₁₀₀₀	F ₀	10		5.3	-0.4	2.2	-5.4	13.6	1.70	abcd	F	
基本表示	a b c d c a																	
要	B P				P ₀ ¹ P ₀ ² P ₁₀ F				計				9.62					
因	F ₀ ¹ F ₀ ² F ₃				平均								7.8 × 2 ⁴ = 124.8					
													(16)					
													⊕ 145.2					
													⊖ 20.4					

第11-2表 分散分析表(交互作用の分散はすべて誤差項の分散にプールできると判定した)

要因	SS	d.f	S	F ₀	F	
					0.05L	0.01L
ブロック(B)	0.02	1	0.02			
線虫密度(P)	0.30	1	0.30	0.52	5.12	
複合病原(P, F)	16.35	3	5.45	5.92*	3.86	6.99
フザリウム病原(F)	11.56	1	11.56	12.57**	5.12	10.56
誤差(e)	8.30	9	6.92			
全体	36.53	15				

$$L.S.D t_{\gamma} \begin{matrix} 0.05L (2.262) \\ 0.01L (3.250) \end{matrix} \sqrt{\frac{2 \times 0.92}{4}} = \begin{matrix} 1.04 \text{ cm} \\ 2.20 \text{ cm} \end{matrix}$$

上長成長におよぼす供試病原の定量解析(平均成長 6.01 cm)

- P. penetransの影響 密度差 0.28 cm (Pの効果から)
 0頭/根1gの成長 6.01 + (0.28) = 6.3 cm
 1,000頭/根1gの成長 6.01 - (0.28) = 5.7 cm
- F. oxysporumの影響 接種源差 1.70 cm (Fの効果から)
 接種量 0gの成長 6.01 + 1.70 / 2 = 6.9 cm
 // 30gの成長 6.01 - 1.70 / 2 = 5.2 cm*
- P. penetrans & F. oxysporumの影響

母平均の推定

要因効果(4列)	yates	の計算	平均成長	処理内容
	(1)	(2)	(2)/16	
総計	96.2	109.8	102.8	P1F
P1F	13.6	-7.0	72.4	P3F
P2F	-8.6	82.6	116.8	P2F
P3F	1.6	-10.2	92.8	P4F

∴ P3Fが最悪成長を示す

$$\frac{(6.4 + 7.3)}{2} = 6.85 \text{ cm} > 4.5 \text{ cm} \quad **$$

<最悪水準の推定>

- P. penetrans (P) 差なし(146:462頭/根1g) 6.01 + $\frac{0.28}{2}$ + $\frac{1.70}{2}$ + (4.5 - 6.01) = 5.5 cm
 F. oxysporum (F) F30g
 複合病原(P, F) P1000頭F30g (236頭/根1g)

このときの期待成長量

$$6.01 + \frac{0.28}{2} + \frac{1.70}{2} + (4.5 - 6.01) = 5.5 \text{ cm}$$

この誤差分散

$$\frac{1 + 3 + 3 + 3}{16} \times 0.92 = 0.575$$

95%の信頼区間

$$t_{\gamma} 0.05L (2.262) \times \sqrt{0.575} = 1.7$$

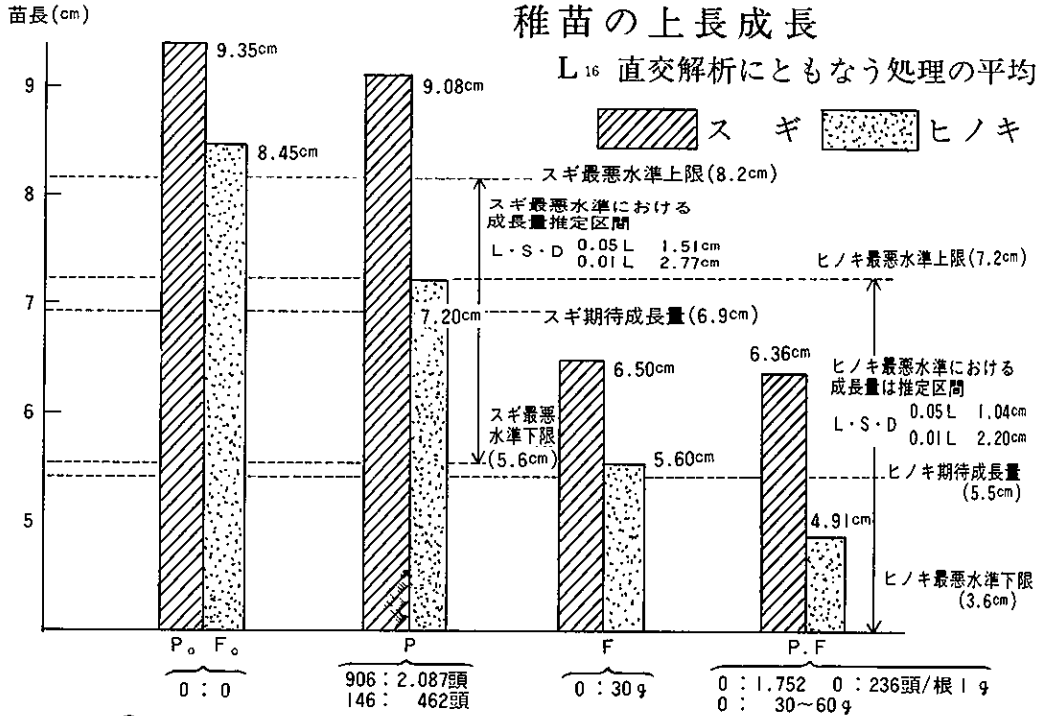
$$\therefore 5.5 \pm 1.7 = 7.2 \sim 3.6 \text{ cm}$$

この水準で実施したNo.3区が4.0 cmであり推論の誤まりないことを示している。

第2図

P. penetrans と F. oxysporum との複合被害解析

稚苗の上長成長



- ② 1. 複合被害の発生には *Fusarium* sp の影響が大きい
 2. *F.oxysporum* sp. の混生下で *P.penetrans* の密度が増加すると被害が助長される。
 3. *pratylenchus* spp. の密度増加にともなう被害度は薬剤防除を行なった場合、密度による被害と薬剤の成長助長作用が相殺されて、差となって現われないことが推定される。

4 気象条件

試験期間中の気象条件は、*P. penetrans* の寄生密度別被害解析試験のデータと同じである。

考 察

試験データについて、定量解析結果を指標として検討を加えるとつぎのとおりである。

1. スギ稚苗に対する病原性

(1) *P. penetrans* と *F. oxysporum* が生育に関与する複合病原性の解析は最悪条件を求めるものである。したがって各病原の関与にともなう最悪成長推定値(病原わりつけ区の平均値第2図)にもとづいて推論を加えると、複合病原のわりつけ区であるNo.3.5.7.&11.12.14.15

区の上長成長(第10~1表)が、各病原被害度(第10~2表 第2図)の定量解析推定値にもとづく最悪期待成長量に近いから、解析結果の信頼度を立証でき、複合病原による被害度の著しいことを推論することができる。

(2) *F. oxysporum* の単独病原性も同上の解析法によって被害度の著しいことを推論することができる。

(3) *P. penetrans* の単独加害性は、寄生密度906 : 2087頭/根1g間においては有意差がみとめられなかった。

2. ヒノキ稚苗に対する病原性

(1) *P. penetrans* と *F. oxysporum* とが生育に關与する複合病原性は、スギ稚苗の場合と同様の解析を行なうと、複合病原のわりつけ区である全処理区すなわちNo. 3, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15区の上長成長量、病原被害度の定量解析推定値にもとづく最悪期待成長量に近い、または最悪成長推定区間にあり被害度の著しいことを推論することができる。

(2) *F. oxysporum*の単独病原性も同上の解析法によって被害度の著しいことを推論することができる。

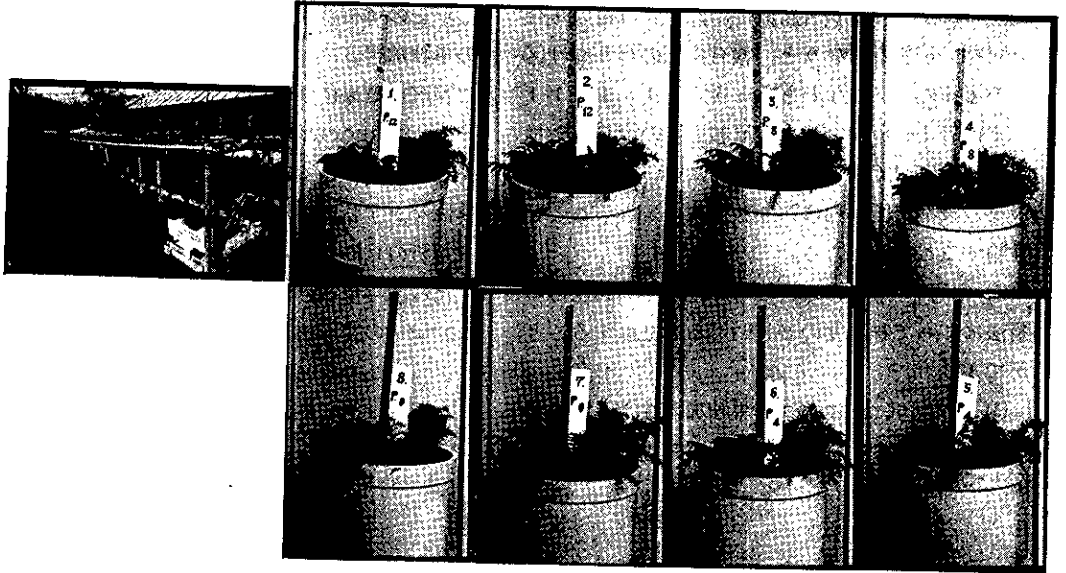
(3) *P. penetrans*の単独加害性は、寄生密度146:462頭/根19間においては有意差

がみとめられなかった。

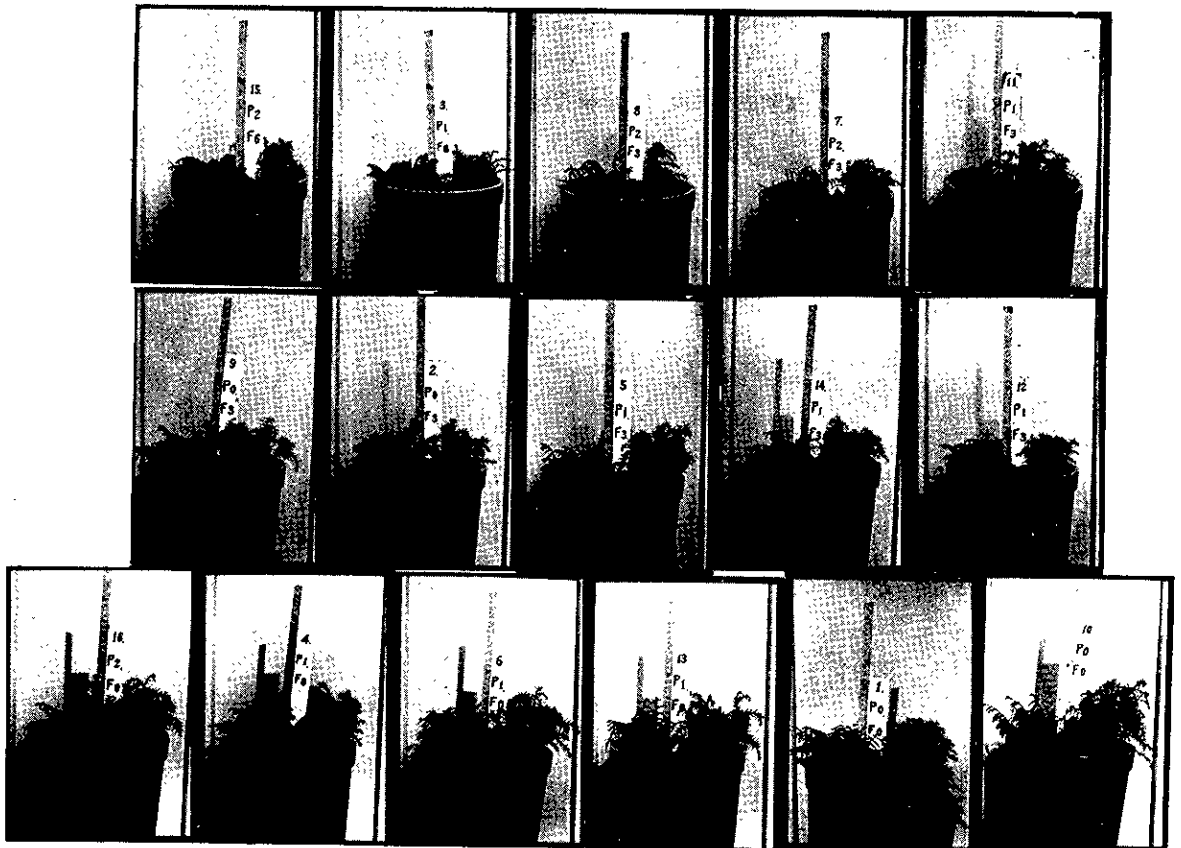
以上の解析結果を要約すると、*P. penetrans*の単独加害度は、*P. penetrans*の寄生密度別、被害解析結果にゆずる(信頼度が高い)として、*F. oxysporum*についてはスギ、ヒノキ稚苗の生育不良化(とくに上長成長)に關与する単独病原性を有することが定量的に推論され、とくに定量解析の目的であったスギ、ヒノキ稚苗の生育不良化に關与する*P. penetrans*と*F. oxysporum*の複合病原性は*P. penetrans*および*F. oxysporum*などの単独病原性よりも著しいことが定量的に推論された。

参 考 文 献

- 農林統計協会 : 農林水産試験のための統計的方法
千葉 修 : 林業苗畑における土壌線虫の実態(連絡試験による実態調査結果から)
森林防疫ニュース VOL. 17 No. 2 1968
北海道林試 : 41, 42, 43年度 苗畑線虫防除試験結果
ほか (試験成果の検討協議会資料)



L 8 直交解析 *Pratylenchus* sp. の寄生密度別被害解析



L 16 直交解析 *Pratylenchus penetrans* & *Fusarium oxysporum* P - 2 による
 複合被害解析