

氏 名(本籍) 小 川 勝 美

学位の種類 博 士 (農 学)

学位記番号 農 第 4 2 7 号

学位授与年月日 平 成 3 年 3 月 14 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目 イネ箱育苗における主要病害の発生生態
とその防除に関する研究

論文審査委員(主査) 教授 江 原 淑 夫
教授 星 川 清 親
助教授 羽 柴 輝 良
助教授 菊 本 敏 雄

論文内容要旨

イネ箱育苗における主要病害の発生生態と その防除に関する研究

稲作の省力、機械化を目的に稚苗機械移植栽培法が考案され、このための育苗法として箱育苗が普及した。箱育苗は、育苗箱（60×30×3 cm）を用い、高温、高湿度、高播種密度の特殊な環境条件下で出芽処理した後、ビニールトンネル、または、ビニールハウス等施設内で行われる。また、出芽処理後の生育は育苗期間中の気温経過に影響され、特に春先の気象変動が大きい北東北では、育苗中しばしば低温に遭遇する。このような育苗環境では、土壌伝染性病原菌および種子伝染性病原菌に起因する種々の病害が発生し易い。育苗期間中に発生する病害は、その発生時期が移植間近になるほど対応策が難しく、発生量がそのまま苗不足の問題につながることから、被害は甚大である。

本研究は、イネ箱育苗で発生する病害、特に、被害の大きい *Rhizopus* 属菌、*Pythium* 属菌による立枯れ性病害、および、*Gibberella fujikuroi* 菌によるばか苗病の発生生態を明らかにし、それに基づくイネ苗病害の総合的な防除法を確立することを目的とした。

I *Rhizopus* 属菌による苗立枯病

1. 発生様相、病原菌の同定

出芽時30℃を越える高温、高湿度の状態では、*Rhizopus* 属菌が優先的に発生し、イネ苗の出芽、発根に著しい障害となる。特に根では棒状根、球状根などの異常症状を生じ、苗の根張りを著しく悪くする。苗立枯病に関与する *Rhizopus* 属菌として、*R. arrhizus*、*R. stolonifer*、*R. javanicus*、*R. oryzae* および *R. chinensis* の5種類を確認した（第1表）。また、*R. stolonifer* は他の菌株に比べて病原性が弱く、病原性に種間差のあることを認めた。

第1表 *Rhizopus* 属菌の病原性

供試菌株	出芽率	草丈	根長	根数	根の症状
	%	cm	cm	本	
<i>R. arrhizus</i>	55.0	2.66	0.43	4.8	発根抑制、棒状根
<i>R. stolonifer</i>	65.7	3.17	1.82	5.0	"、"
<i>R. javanicus</i>	83.7	3.73	0.85	7.3	"、"
<i>R. oryzae</i>	25.3	2.89	0.73	2.9	"、"
<i>R. chinensis</i>	49.0	1.85	—*	1.8	"、球状根
無接種	100	3.26	2.40	7.5	正常

注) *球状を呈し根長測定不可能、PDA 培地使用

2. *Rhizopus* 属菌の生理、生態

Rhizopus 属菌の生育適温は30~35℃にあり、育苗箱における菌叢の生育は、通常の育苗（出芽温度30~32℃）下で好適条件にある。本菌の箱内侵入は、種子、培土の付着菌あるいは育苗器内外からの飛散孢子によって起こり、主に種子に混入している玄米、傷籾に着菌し、増殖する（第2表）。

本菌孢子の出芽は種子、玄米の浸出液、トマトジュースによって促進され、肥料として施用する硫酸アンモニウムもわずかに発芽促進作用が認められた（第3表）。催芽種子の周辺では孢子の発

第2表 土壌に播種した種子への着菌

区 別	調 査 粒 数	着 菌 率		
		3日後	5日後	7日後
無 傷 粃	50	12 %	28 %	28 %
傷 粃	50	8	56	56
玄 米	50	20	86	86
対照一粃殻	50	0	0	8

注) 火山灰畑土壌使用、33°C加温

第4表 *R. arrhizns* 菌の胞子発芽と種子との関係

区 別	胞 子 発 芽 率			
	1	2	3	平均
素 寒 天	0.4 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %
素寒天上の催芽種子周辺	17.0	69.6	76.4	54.3
“ 催芽前種子周辺	0.0	0.8	0.1	0.3
“ 粃殻周辺	0.0	0.5	0.4	0.3

注) 培養32°C、24時間

第3表 *R. arrhizus* 菌の胞子発芽と含窒素化合物との関係

発芽液のN源	発芽率
	%
硝酸カリウム	0.2
亜硝酸ナトリウム	0.3
硫酸アンモニウム	1.5
リン酸アンモニウム	1.5
塩化アンモニウム	0.2
硝酸アンモニウム	0.0
酢酸アンモニウム	4.8
シュウ酸アンモニウム	5.5
トマトジュース1%液	99.0
蒸 留 水	0.0

注) 各発芽液のN量は280mg/l、培養32°C、24時間

芽率が高まった(第4表)。種子に混入している玄米、傷粃が箱内における本菌の発生を助長していると考えられる。

本病の人為的な発病法としては、本菌の胞子懸濁液を播種時に灌注すると有効であるが、播種時に箱当り5gの玄米粉の散布は自然発生を助長させた。

3. 箱内発生要因

育苗箱内における菌叢の生育は、①催芽前種子、催芽後に芽の乾きすぎた種子、および、傷粃混入種子の使用、②通気性または排水不良の培土および育苗箱の使用、③出芽時の高温(33°C以上)高湿度、④緑～硬化時期の低温(10°C前後)高湿度、によって助長されることが明らかにされた。

4. 防除法

Rhizopus 属菌による苗立枯病の防除法として、耕種的には無傷種子の利用、適正な種子催芽の実施、種子混入玄米の除去、通気性および排水良好な培土と育苗箱の使用、適正温度(30~32°C)

第5表 チウラム・ベノミル水和剤の浸種前種子処理濃度と防除効果

処 理 法	菌叢の生育量		苗 の 状 態 ^{c)}						
	地表 ^{a)}	地中 ^{b)}	健全 苗率	異常根 苗率	褐変 苗率	生育不 良苗率	不出 芽率	草丈	根長
			%	%	%	%	%	cm	cm
10倍液3%量吹付け	+	-	91.3	0.3	0.0	3.5	4.9	9.8	4.9
5倍液3%量吹付け	+	-	91.7	0.6	0.2	2.0	5.5	9.7	5.5
0.5%粉衣	+	-	86.2	0.0	1.8	9.8	2.2	9.4	4.8
20倍液、20分浸漬	+	-	88.6	0.0	0.0	9.0	2.4	9.8	4.4
対照区(ホルマリン)	++	+~+++	57.1	1.8	20.1	10.3	10.7	10.1	4.5

注) 調査苗数は1区当たり250~300本、a) 播種3日後、b)・c) 播種13日後調査

による出芽処理および育苗管理等、があげられる。特に良質の無傷種子を使用することと出芽処理時の高温を回避することが重要と考えられる。

薬剤による防除は、既知種子消毒剤のチウラム・ベノミル水和剤、および、TPN 水和剤の施用が有効である。チウラム・ベノミル水和剤は、浸種前種子に種子重の0.5%量の薬剤を湿粉衣、20倍液に20分間浸漬、または、7.5倍液を3%量吹付ける方法のいずれかを採用することによって本病菌を防除することが出来る(第5表)。

また、TPN 水和剤は500~1,000倍液を箱当たり1ℓ播種時灌注処理すると効果が高い。耕種的防除法と併せて防除薬剤の施用が本病防除に有効である。

II *Pythium* 属菌による萎凋性苗立枯病

1. 発生様相・病原菌の同定

本病は第2本葉抽出はじめ頃から箱全面又は不定形の斑状に発生する。罹病苗は、本葉第2葉および第3葉未展開葉が急激に萎れて針状に巻き、灰緑色~灰褐色になり、茎はやや細く淡黄褐色で後には枯死する。また、冠根、根毛の発生が少なく、根は切れ易いため箱内の根張りが悪い。発病の兆候は、症状発生以前における苗調査によって、新根数の減少として認められた。罹病苗の顕微鏡観察で冠根組織および根毛に *Pythium* 属菌の卵胞子が多数観察された。

罹病苗からベノミル10mg/ℓ添加素寒天培地によって病原菌を分離し、*P. graminicolum* と同定した。本菌はイネの苗立枯病として新しい種類であった。

2. *P. graminicolum* の接種時期と病徴発現

イネ苗に対して本菌の培養菌を接種し、病徴の発現状況を調査した結果、苗の感染時期によって2つの異なった症状を表すことを明らかにした。すなわち、播種時から出芽時の接種では苗立枯病の症状を呈し、1.5葉期接種では萎凋性苗立枯病の症状を呈した(第6表)。

第6表 接種時期と萎凋性苗立枯病の発生

No.	播種量	接 種 時 期				苗立枯れ発生面積率	
		播種時	出芽時	1.5葉期	2葉期	灌注接種	浸透接種
1	g/箱	○				100%	50%
2			○			100	30
3				○		100*	0
4		120				○	0
5						○	0
6	200	○				85	100
7			○			85	35
8				○		95*	50*
9					○	0	0
10						○	0

注) *萎凋性苗立枯病

3. 発生要因

本病の発生に及ぼす環境条件、特に、低温、土壌 pH、土壌の種類、土壌養分および遮光について

て検討した。播種9日後に0～2℃の微風で24時間低温処理した結果、土壌 pH が5.2以上と高い場合にだけ、低温条件下で発病が認められた（第1図）。低温処理、土壌 pH とも、本病に対して、単独条件では作用が小さく、両者は本病に対して二次的要因として作用しているものと考えられる。イネ苗の生育最適 pH は5.0前後に対して、*P. graminicolum* の生育最適 pH は6.0前後であることから、pH 6.0前後の高い土壌 pH は苗の抵抗性を弱める一方、病原菌の活動を活発にしていると考えられる。

本病の発生と土性との関係は判然としなかった。土壌養分では土壌100 g 当り加里の含有量が20mgを切ると低温条件下で本病の発生が多くなった。加里含有量が萎凋性苗立枯病の発生に関与していると考えられる。

遮光処理をすると本病の発生率は高まった。

4. 防除法

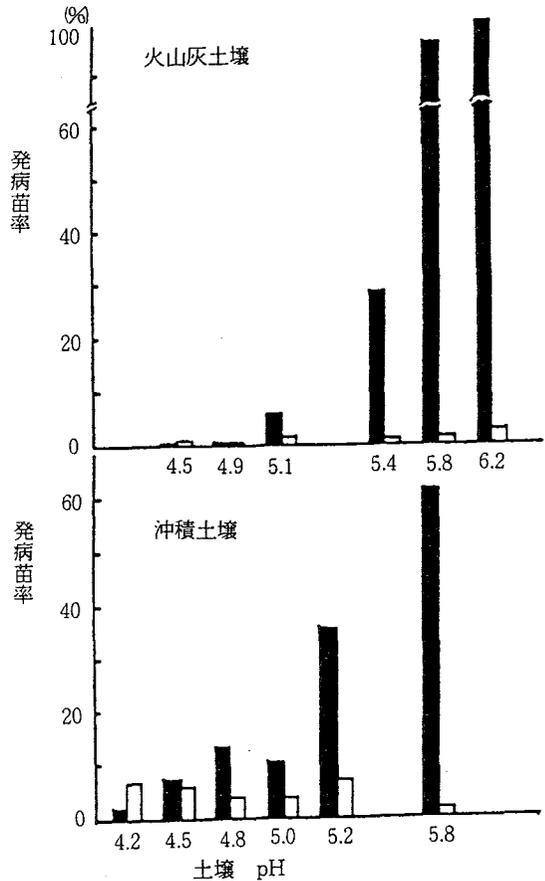
萎凋性苗立枯病の防除は、土壌 pH の調整や適正な育苗温度、肥培管理など耕種的な対策が重要と考えられる。さらに、防除薬剤としては、ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤の箱当り8 g 土壌混和、同液剤の500～1,000倍液を箱当り0.5 l、播種時または生育中に灌注、HF-8220粉剤（カスガマイシン・メタスルホカルブ粉剤）の箱当り10～15 g 土壌混和は、いずれも顕著な防除効果を示した。本病の防除には耕種的な対策と併せてこれらのいずれかの防除薬剤の施用が有効と結論された。

III *G. fujikuroi* 菌によるばか苗病

1. 種子消毒剤の効果減退と耐性菌の出現

1980年以降、ばか苗病の発生が漸増した。このことから、本病多発地域における種子の汚染状況と種子消毒効果を調査した。その結果、現行種子消毒剤のチウラム・ベノミル水和剤で消毒を行った場合、発病苗率で0.7～4.2%の発病が確認された。発生増加の原因は種子消毒剤の効果が減衰したことにありとされた。

1980年に岩手県内の本病多発圃場30地点から採集分離したばか苗病菌について、ベノミルおよび



第1図 低温処理後の萎凋性苗立枯病の発生と土壌 pH 関係
 ■ 低温処理 (0～2℃、24時間)
 □ 低温無処理

カーベンダジン（MBC）に対する MIC 値（最小生育阻止濃度）を検定し、MIC 値が $1,000\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上を示す極めて感受性の低い菌株が検出された。この菌株を接種して得た種粒に現行の種子消毒剤の効果を検討した結果、消毒剤の効果が著しく減衰しており、本菌がベノミル剤耐性菌であることが確認された（第7表）。

第7表 チウラム・ベノミル水和剤*の濃度と菌糸の伸長

培養時間	供試菌株	ベノミルの濃度 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)						
		0	0.78	1.56	3.12	6.25	12.5	100
72時間	No.6	17**	7	2	0	0	0	0
	No.7	14	8	1	0	0	0	0
	No.8	16	14	9	3	2	0	0
	No.24	17	14	9	4	3	3	3
108時間	No.6	36	13	5	2	0	0	0
	No.7	36	13	1	3	0	0	0
	No.8	36	26	20	6	3	0	0
	No.24	36	26	18	6	4	4	4

注) *成分量：ベノミル20%、チウラム20%

**菌糸の伸長 (mm)

2. 接種菌株のベノミル剤に対する MIC 値と種子消毒効果

種子汚染菌株のベノミル剤感受性と種子消毒効果の関係を検討した。ベノミル剤に対する MIC 値が $1,000\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上を示す菌株に汚染された種子に対して、ベノミル水和剤とチウラム・ベノミル水和剤の湿粉衣処理等の効果が低いことが判明した（第8表）。このことから、MIC 値 $1,000\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上を示すばか苗病菌を本報告ではベノミル剤耐性菌とした。

第8表 罹病種子に対する現行種子消毒法の効果

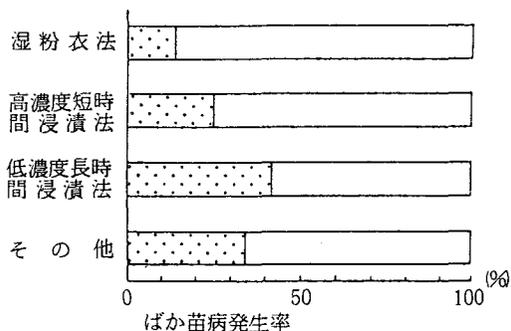
消毒法	供 試 種 子		
	No.8 菌株 接種種子 (12.5)	No.24 菌株 接種種子 ($>1,000$)	多発圃場 生産種子 (<0.63)
	%	%	%
ベノミル水和剤0.5%湿粉衣	0.2*	1.7	0
30倍液10分浸漬	3.5	27.5	0
500倍液24時間浸漬	18.6	42.9	19.8
チウラム・ベノミル水和剤0.5%湿粉衣	11.4	11.6	0
20倍液10分浸漬	11.7	21.5	0
200倍液24時間浸漬	65.1	24.9	0
無 処 理	86.5	58.2	98.2

注) *は発病苗率、供試種子の () 内は各菌株の MIC 値 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) を示す。

3. 耐性菌分布地域における種子消毒の方法

岩手県において、1985年までにベノミル剤耐性菌が確認され、出現率の高い県北部地域における種子消毒の方法は、低濃度長時間浸漬法が多かった。これに対して、出現率の低い県南部と沿岸部の地域では湿粉衣法が多かった。耐性菌の出現には消毒方法、特に、湿粉衣法に比較して消毒効果

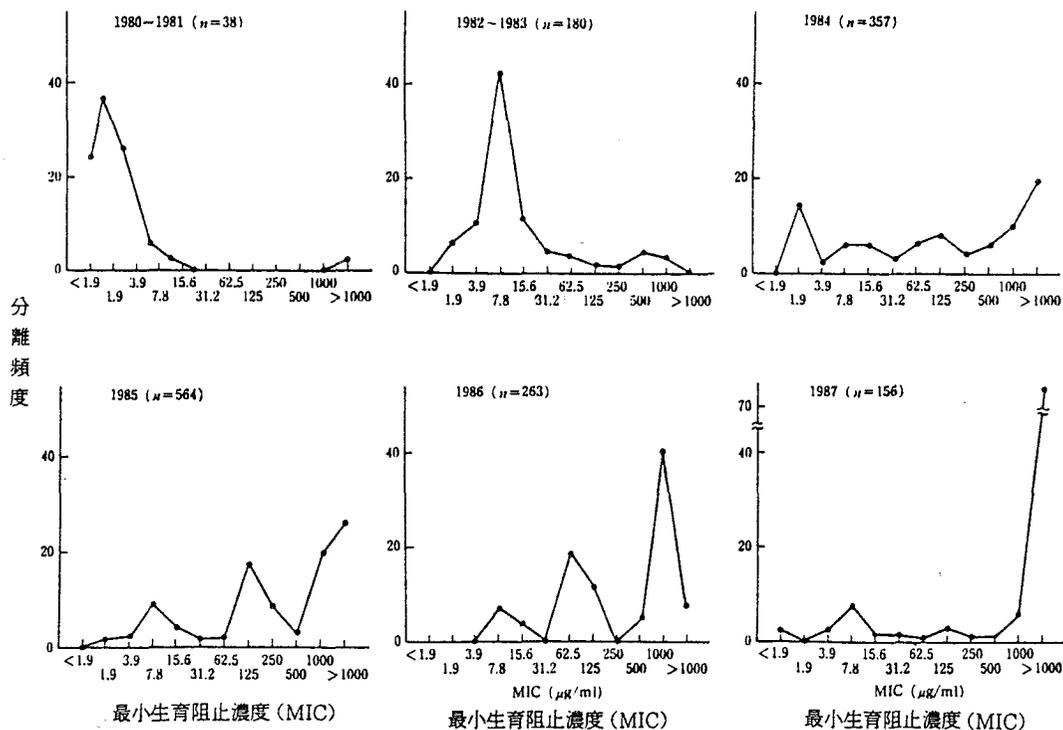
の劣る（第2図）低濃度長時間浸漬法の採用の有無が重要と考えられた。



第2図 農家アンケート調査による消毒方法とばか苗病発生の有無
 ■ 発生あり □ 発生なし

4. ベノミル剤耐性菌の水田における年次変動

1980年から1987年の8年間にわたって、岩手県内に分布するばか苗病菌のベノミル剤感受性と水田における年次変動を調査した。ベノミル剤に対する MIC 値分布は、1980～1981年に採集した菌株では15.6 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以下の菌群と1,000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上の菌群に分かれる2峰性分布曲線を示した。1982



第3図 1980年から1987年の岩手県におけるベノミル剤感受性イネばか苗病菌の分布 n ; 供試菌株数

～1983年の分離菌株も同様の2峰性分布曲線を示した。1984年から1986年までは $15.6\mu\text{g}/\text{ml}$ と $1,000\mu\text{g}/\text{ml}$ との間に属する菌株が顕著に増加し、1987年の菌株では殆ど $1,000\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上の高MIC値を示した。分布曲線が2峰性から3峰性、さらに2峰性へ、年次を追って移行し、中程度のMIC値菌株の出現を見ながら高MIC値へと急速に進行して行ったことが認められた(第3図)。

穂の伝染源になる水田における罹病株には、ベノミル剤に耐性を持った分生胞子のみを形成する病株と耐性、感受性の両分生胞子を混在して形成する病株とが存在しているのが認められた。また、多発圃場産の種子から耐性菌と感受性菌が混在して分離された(第9表)。

第9表 多発圃場から採取した種子の発病率と発病苗から分離した菌株のベノミル剤に対するMIC値

試験区	調査苗数	発病率*	MIC値($\mu\text{g}/\text{ml}$)								
			8	16	32	62.5	125	250	500	1,000	>1,000
	本	%									
I	2,300	19.8	0.0**	0.0	0.0	57.4	21.3	1.6	0.0	19.7	0.0
II	814	42.6	0.0***	8.5	0.0	0.0	29.3	0.0	10.6	14.9	36.2

注) * 枯死苗率+徒長苗率(%) ** 分離菌株(61菌株)に対する割合(%)
*** 分離菌株(48菌株)に対する割合(%)

5. 耐性菌の培養的性質

ベノミル剤耐性菌は、ベノミル希釈培地上で菌糸がやや膨化、歪曲、ねん転し、分岐が多くなるなどの形態的变化を生ずるが、極めて緩慢な菌糸伸長を示した。このことは、耐性菌に汚染された種子は育苗前半に発病が抑制されていても、後半に発病することも考えられる。

6. 耐性菌に対する種子消毒剤の効果

種子消毒剤として現在市販されているベノミル剤、チウラム・ベノミル剤、チウラム・チオファネートメチル剤およびキャプタン・チャベンダゾール剤の各水和剤の中で、使用歴の全く無かったチウラム・チオファネートメチル剤とキャプタン・チャベンダゾール剤の両水和剤による湿粉衣法

第10表 ベノミル剤耐性菌に対する新規種子消毒剤の効果

供試薬剤	成分量	処理方法	調査苗数	発病苗率	防除価
			本	%	
トリフルミゾール水和剤	30	0.5%湿粉衣	196	0.7	96
		30倍液10分間浸漬	202	0.3	98
		300倍液48時間浸漬	189	1.1	94
		7.5倍液3%吹付け	202	0.3	98
プロクロラズ乳剤	25	40倍液3%吹付け	206	0.0	100
		60倍液3%吹付け	186	0.6	97
(対照)チウラム・ベノミル水和剤	20、20	0.5%湿粉衣	185	2.0	90
		20倍液10分間浸漬	202	3.7	81
		200倍液24時間浸漬	184	13.1	34
		7.5倍液3%吹付け	214	2.4	88
無処理	—	—	193	19.8	—

注) 供試種子の発病苗から分離された菌株の耐性率は19.7%

だけが耐性菌接種種子に対して高い防除効果を示した。

新規開発の種子消毒剤では、トリフルミゾール水和剤の0.5%湿粉衣、30倍液10分間浸漬、および、7.5倍液3%吹き付け、プロクロラズ乳剤の40~60倍液3%吹き付けが高い防除効果を示し、耐性菌に対する新しい種子消毒剤として実用性が高いと考えられる（第10表）。

IV む す び

箱育苗で発生するイネ苗主要病害の総合的な防除法を確立するために、*Rhizopus* 属菌と *Pythium* 属菌による立枯れ性病害、および、ばか苗病の発生生態と薬剤の効果について明らかにした。すなわち、*Rhizopus* 属菌による苗立枯病では、関与する病原菌の種類、生理、生態的諸性質、箱内発生要因、薬剤の施用効果を明らかにした。*Pythium* 属菌による萎凋性苗立枯病では、*P. graminicolum* を分離同定し、病原菌を明らかにするとともに、本病の発生要因として、土壌 pH、低温処理、土壌養分特に加里含量の影響についても明らかにした。さらに、本病の防除法として、ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤の土壌混和处理および同液剤の灌注処理、等による防除体系を確立した。

ばか苗病では、1980年以降の発生増加の原因は、ベノミル剤耐性菌の出現による種子消毒剤の効果減衰によるとし、種子消毒剤のような年一回使用の薬剤においても耐性菌が出現することを明らかにした。さらに、耐性菌の出現と消毒方法との関係、ベノミル剤耐性菌の水田における年次変動を明らかにした。耐性菌に対して、新規開発の種子消毒剤、トリフルミゾール水和剤およびプロクロラズ乳剤の使用法を確立した。

審査結果の要旨

本研究は、イネ箱育苗で発生する病害、特に、被害の大きい *Rhizopus* 属菌、*Pythium* 属菌による立枯れ性病害、および、*Gibberella fujikuroi* 菌によるばか苗病の発生生態を明らかにし、さらにこれらのイネ苗病害の総合的な防除法について検討した。

出芽時30℃を越える高温、高湿度の状態では、*Rhizopus* 属菌が優先的に発生し、稲苗の出芽、発根に著しい障害となる。特に根では棒状根、球状根などの異常症状を生じ、苗の根張りを著しく悪くする。苗立枯れ病に関与する *Rhizopus* 属菌として、*R. arrhizus*、*R. stolonifer*、*R. javanicus*、*R. oryzae* および *R. chinensis* の5種類を同定した。また本菌の箱内侵入は、種子、培土の付着菌あるいは育苗器内外からの飛散胞子によって起こり、主に種子に混入している玄米、傷糶に着菌し、増殖する。本病の防除法には、耕種的には無傷種子の利用、適正な種子催芽の実施、種子混入玄米の除去、通気性及び排水良好な培土と育苗箱の使用、適正温度による出芽処理および育苗管理等が必要である。薬剤としてはチラウム・ベノミル水和剤、および TPN 水和剤の施用が有効である。

Pythium 属菌による萎凋性苗立枯れ病は第2本葉抽出はじめ頃から発生し、罹病苗は、本葉第3葉および第3葉未展開葉が急激に萎れて針状に巻き、後には枯死する。又、冠根、根毛の発生が少なく、根は切れ易いため箱内の根張りが悪い。播種時から出芽時の感染では苗立枯れ病の症状を呈し、15葉期接種では萎凋性苗立枯れ病症状を示す。防除法としては土壌 pH の調整や適正な育苗温度、肥培管理など耕種的な対策が重要であり、防除薬剤としては、ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル剤が有効である。

ばか苗病の1980年以降の発生増加の原因は、ベノミル剤耐性菌の出現による種子消毒剤の効果減衰によること、種子消毒剤のような年1回使用の薬剤においても耐性菌が出現することを明らかにした。この耐性菌に対し新規開発の種子消毒剤、トリフルミゾール水和剤およびプログラス乳剤の有効性を明らかにし、その使用法を確立した。

以上のように、本研究はイネ苗の機械移植法上不可欠である箱育苗における重要病害の発生生態を明らかにすると共に防除法を確立し現在の米安定生産に大きく貢献した。よって審査員一同は本論文提出は農学博士の学位を授与される資格があると判定した。