

オーチャードグラスの雲形病抵抗性検定法の改善と選抜効果

誌名	北海道農業試験場研究報告 = Research bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station
ISSN	03675955
著者名	杉田, 紳一 宝示戸, 貞雄 荒木, 博 大同, 久明
発行元	北海道農業試験場
巻/号	147号
巻号補足	
掲載ページ	p. 135-146
発行年月	1987年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



オーチャードグラスの雲形病抵抗性検定法の 改善と選抜効果

杉田 紳一* 宝示戸貞雄** 荒木 博*** 大同 久明***

はじめに

オーチャードグラス雲形病は全国的に発生が見られ(西原, 1981), 北海道内においても常発する重要病害の一つである(成田, 1980)。北海道農業試験場草地開発第二部牧草第2研究室では発足当初から本病害を含む葉枯性病害に対する抵抗性を育種目標の一つとして重視して来た。近年育成された「オカミドリ」の本病抵抗性は既存品種にまさるものの(宝示戸ら, 1985), その他の道内流通品種を含め, 現在の品種の抵抗性は十分とは言えない。著者らは葉枯性病害の収量及び品質面からみた重要性から, より高い抵抗性の付与を目標に育種を進めてきたが, 本病についてその育種の効率化を図るためにかつて温暖地向きオーチャードグラスの育種に適用された幼苗接種検定法(吉山ら, 1965, 1967, 1968)を準用し, 検定・選抜を行ってきた。その過程で幼苗検定法の適用方法について二, 三の知見を得るとともに強抵抗性系統を育成し, また, 新たな抵抗性遺伝子源も見いだしたのでここに報告する。

本研究に使用した菌の培養には前牧草第3研究室長佐藤徹博士及び現牧草第3研究室長但見明俊博士の御協力を得, オーチャードグラス近縁亜種の種子については牧草第4研究室主任研究官池谷文夫博士から譲り受けた。また, 本報告の取りまとめに当たり, 草地開発第二部長川端習太郎博士, 寺田康道牧草第2研究室長には有益な御教示と多大の御援助を

頂いた。ここに記して, これらの方々に深謝申し上げる。

試験方法, 供試材料及び結果

1. 全試験共通試験方法

試験は試験1～試験6に分けて1982年8月から84年9月まで実施したが, ここでは全試験に共通した試験手順について記す。育苗には $47 \times 32 \times 7$ cmのプラスチック製育苗箱を使用し, そこに, シャーレ内ろ紙上で1～2 cmに伸長した幼苗を栽植間隔 $2 \sim 3 \times 3$ cmで定植した。育苗は平均気温が $15 \sim 23^\circ\text{C}$ の間に納まるように, 温室及びガラス室を季節により使い分けた。接種日の前日に接種時展開葉の識別及び接種源の均一な噴霧のために, 未展開葉及び主茎以外の分けつを切除した。

供試菌は牧草第3研究室の保存菌株Sc12で, 接種は分生孢子懸濁液(特別の場合を除き孢子濃度 $15 \times 10^5/\text{ml}$)を噴霧し, 18°C , RH100%の接種箱に48時間置いた後, 育苗場所に戻した。接種液量は苗の大きさにより加減し, 1箱当たり33～100 mlとした。発病程度の判定は接種時の最上位完全展開葉のみを対象とし, 極弱亜種 *ssp. lusitanica* (育苗箱の最外列に配置) が全葉罹病した時期に行った。本試験で見られた病徴はほぼ完全に癒合した病斑であったので調査は罹病葉面積率に基づき, 0(無)～10(全葉罹病)の11段階の観察評点によって行った。

2. 試験1 抵抗性の亜種・品種間差と選抜効果

材料と方法: オーチャードグラス近縁亜種10点及び栽培品種・系統3点を供試して, 1区15個体6反復の乱塊法配置で育苗した。接種は播種後38日目に行い, 苗を3反復ずつ2群に分け, 孢子濃度を $15 \times 10^5/\text{ml}$ 及び $75 \times 10^5/\text{ml}$ の2水準とした。また, 供試

昭和61年9月29日受理

* 草地開発第二部牧草第2研究室(現山梨県酪農試験場)

** 草地開発第二部牧草第2研究室(現九州農業試験場草地部)

*** 草地開発第二部牧草第2研究室

表1 オーチャードグラス近縁亜種・品種の雲形病抵抗性

亜 種・品 種	倍数性	導入先・育成国*	発 病 程 度**		
			接種後 8 日目	接種後13日目	接種後17日目
<i>Dactylis glomerata</i> :					
<i>aschersoniana</i>	2x	AUS.(C.P.I.36836)	2.2(2.0)	3.6(2.6)	4.4(3.1)
<i>castellata</i>	2x	G.B.(Bc4458)	7.7(3.1)	9.1(2.5)	9.3(2.2)
<i>himalayensis</i>	2x	U.S.A.(P.I.295271)	0.9(0.5)	1.8(1.9)	2.5(3.0)
<i>hispanica</i>	4x	G.B.(Bc5229)	3.2(2.3)	4.5(2.9)	5.3(3.3)
<i>ibizensis</i>	2x	U.S.A.(Dr.Stebbins)	9.4(1.5)	9.9(0.3)	10.0(0.3)
<i>juncinella</i>	2x	G.B.(Bc6320)	6.9(3.2)	8.9(2.7)	9.4(2.0)
<i>lusitanica</i>	2x	AUS.	8.7(2.5)	10.0(0.3)	10.0(0.0)
<i>marina</i>	4x	G.B.(Bc5214)	4.1(3.0)	6.1(3.4)	6.9(3.4)
<i>santai</i>	2x	U.S.A.(Dr.Stebbins)	8.3(2.9)	9.5(1.4)	9.7(0.9)
<i>worronowii</i>	2x	U.S.A.(P.I.310393)	3.0(2.4)	4.9(3.0)	5.5(3.0)
<i>glomerata</i> :	4x				
Latar		U.S.A.	3.3(2.6)	6.6(3.3)	7.9(3.1)
オカミドリ		Japan	3.3(2.6)	7.2(3.3)	8.4(2.9)
那 系 13 号		Japan	4.4(2.8)	8.1(2.4)	9.2(1.6)
平 均			5.0	6.9	7.6
広義の遺伝力			0.88	0.87	0.84

注) * : AUS., G.B., 及び U.S.A. はそれぞれオーストラリア, イギリス及びアメリカの略号, 括弧内は各国の保存番号。但し, Dr.Stebbins とあるのは California 大学の Dr.G.L.Stebbins から入手。

** : 罹病面積率による評点: 0: 無~10: 甚, 以下の表においても同様。括弧内の数値は発病程度の亜種・品種内の標準偏差。

亜種・品種の発病程度を基準として抵抗性個体(一部は罹病性個体も)を選抜し, 各亜種・品種別に選抜個体間で受粉させ, 株別に採種した。これらの等量混合種子を原種子とともに供試して, 1区10個体4反復乱塊法配置で育苗し, 播種後42日目(一部は25日目)に接種を行った。

結果: 孢子濃度を2水準で接種を行ったが, 両者の間に差は認められなかったため, 6反復の試験として結果を取りまとめた。表1に示したように, 近縁亜種間で著しい抵抗性の差異が認められた。「Latar」は既存品種中では抵抗性の強い品種であるが(後藤, 1968; 吉山ら, 1965), 4亜種が「Latar」にまさる抵抗性を示し, 中でも ssp. *himalayensis* の抵抗性は著しく高かった。平均値及び系統内標準偏差からみて, ssp. *ibizensis* 及び ssp. *lusitanica* が最も抵抗性が弱く, 特に後者は接種後17日目では全個体が評点10(全葉罹病)を示した。なお, 調査判定は接種後3時期に行ったが, 平均値に基づく調査時期間の相関はいずれも0.9以上と高かった。また, 各調査時期の広義の遺伝率も0.85~0.88といずれも高い値が得られ, 品種・系統間差の検出精度は調査時期間に差

表2 抵抗性の接種後日数間の相関係数

亜種・品種	8-13日目	8-17日目	13-17日目
<i>aschersoniana</i>	0.83	0.72	0.96
<i>castellata</i>	0.80	0.74	0.94
<i>himalayensis</i>	0.49	0.44	0.94
<i>hispanica</i>	0.90	0.78	0.92
<i>ibizensis</i>	0.58	0.43	0.76
<i>juncinella</i>	0.66	0.53	0.87
<i>lusitanica</i>	0.42	—	—
<i>marina</i>	0.84	0.80	0.96
<i>santai</i>	0.63	0.49	0.79
<i>worronowii</i>	0.81	0.74	0.94
<i>glomerata</i> :			
Latar	0.69	0.49	0.84
オカミドリ	0.60	0.46	0.84
那系13号	0.54	0.36	0.81

注) 0.1%水準で有意, *lusitanica* は17日目の発病程度が全個体10。

がないことが示された。ただ, 分散分析の結果, 交互作用が調査時期と亜種・品種間に認められ, 三つの栽培品種は8日目から13日にかけての病勢進展がやや大きい傾向を示した。また, 8日目の時点では

拡大型の浸潤性病斑が散見されたので、13日目以降が判定に適していると判断された。

表1の括弧内に示した標準偏差の値からも明らかにオーチャードグラスのような他殖性の牧草では品種内に大きな抵抗性の個体変異が存在する。したがって、選抜を行う場合には個体レベルの発病程度の安定性も判定時期を決める上では重要な要素となる。個体レベルの判定の調査期間の相関係数を表2に示した。17日目に全個体が評点10.0となった。ssp. *lusitanica*を除いて見ると13日目と17日目の相関がかなり高いのに比べて、8日目と他の調査期間の相関は一般にやや低い値を示した。このことは13日目以降個体レベルの反応は安定することを示している。また、抵抗性の極めて低いssp. *ibizensis*とssp. *lusitanica*の個体変異が13日目以降著しく減少してほとんど見られなくなり、少なくとも両亜種以外に見られる個体変異のほとんどが遺伝的変異で

あることが示された。

次に表3に近縁亜種における選抜結果を示した。亜種間には実現遺伝率について著しい差異が認められたが、強抵抗性のssp. *himalayensis*及びssp. *aschersoniana*では抵抗性、罹病性両方向ともにかなり高い遺伝率が得られ、選抜効果が高いことから、これらは有用な抵抗性遺伝子源と見られた。

次に栽培品種の「Latar」及び「オカミドリ」における選抜次代の検定結果を表4に示した。まず選抜時とほぼ同じ39日苗での結果を見ると、抵抗性方向の選抜効果は両品種ともに認められたが、「オカミドリ」の実現遺伝率は0.96と高く、「Latar」の実現遺伝率は0.26とかなり低かった。罹病性方向への選抜による実現遺伝率は両品種ともかなり高い値が得られ、表4に見られるように選抜次代の評点も10.0と完全な罹病性を示した。このように、罹病性方向では両品種の選抜反応が一致したことから、先の抵抗

表3 オーチャードグラス近縁亜種における雲形病抵抗性の選抜効果

亜 種	選 抜 方 向	選 抜 率	選 抜 差	発 病 程 度	実現遺伝率
<i>aschersoniana</i>	抵 抗 性	37.2	3.4	1.6	0.85
	罹 病 性	4.7	5.6	8.6	0.73
	原 集 団			4.5	0.78
<i>himalayensis</i>	抵 抗 性	69.7	1.5	3.2	0.67
	罹 病 性	3.0	7.5	7.8	0.48
	原 集 団			4.2	0.51
<i>hispanica</i>	抵 抗 性	10.1	5.0	7.3	0.06
	原 集 団			7.6	
<i>marina</i>	抵 抗 性	9.0	5.8	6.5	0.33
	原 集 団			8.4	
<i>santai</i>	抵 抗 性	9.1	2.2	9.1	0.18
	原 集 団			9.5	

表4 オーチャードグラス栽培品種における雲形病抵抗性の選抜効果

品 種	選抜方向	選 抜 率	選 抜 差	25 日 苗	39 日 苗	
				発病程度	発病程度	実現遺伝率
オカミドリ	抵 抗 性	7.0	7.1	5.8	2.0	0.96
	罹 病 性	7.0	1.6	10.0	10.0	0.75
	原 集 団			9.2	8.8	0.92
Latar	抵 抗 性	9.6	6.5	8.0	6.3	0.23
	罹 病 性	10.8	2.1	10.0	10.0	1.05
	原 集 団			9.6	7.8	0.44

性方向での反応の不一致は「Latar」においては接種における回避あるいは選抜に誤判定個体が混入したために生じたと見られた。25日苗の検定でも抵抗性、罹病性いずれの方向とも選抜効果が認められたが、39日苗に比べて発病程度は高く、供試材料間の差異も約1/2と小さかった。しかし、発病程度の苗齢間の相関は0.98と極めて高く、また、広義の遺伝率も両苗齢とも0.90と高く、抵抗性の品種間差の検出精度に差はなかった。

3. 試験2 接種回次及び苗齢による抵抗性の差異

試験1でみられた苗齢による発病程度の差異を個体レベルで検討するために本試験を実施した。

材料と方法：表5に示す栽培品種5点を供試し、

表5 雲形病抵抗性の苗齢及び接種回次による差異

品 種	25 日 苗		39 日 苗	
	1回目	2回目	1回目	2回目
Alma	9.8	9.5	9.6	7.3
オカミドリ	9.5	8.5	8.4	5.8
Masshardy	9.3	6.9	7.7	4.0
ヘイキング	9.0	7.4	7.5	3.6
北 海 18 号	8.3	6.6	7.7	6.1
平 均	9.2	7.8	8.2	5.4
広義の遺伝率	0.33	0.65	0.52	0.68

注) 表中の数値は発病程度を示す。評点法は表1の注を参照のこと。

播種日を14日間隔で苗齢の異なる2種類の苗を1区15個体、4反復の乱塊法配置で養成した。播種後25日及び39日目の苗に同時に1回目の接種を行い、接種後11日目に判定を行った後、刈取り高さ地上5cmで刈りそろえた。1回目接種から25日後に再生葉に対して2回目の接種を行った。

結果：接種回次及び苗齢別の検定結果を表5に示した。1回目接種より2回目接種時の方が、また、25日苗より39日苗の方がそれぞれ発病程度は低く、苗齢の進行に伴って発病程度が低下することが確認できた。また、品種間差異及び広義の遺伝率は供試品種の平均値が小さくなるほど大きくなり、品種間差の検出には苗齢が進んだ方が有利であることが示された。

次に苗齢の進行に伴う発病程度の変化を個体レベルで検討するため、1回目と2回目の接種時の評点間の関係を25日苗と39日苗をこみにして表6に示した。両苗齢の発病程度間の相関係数は0.54と1%水準で有意であった。両者の関係を詳しく見ると、1回目接種時に発病程度の低い個体は2回目にも概して発病程度は低く、発病程度の高い個体は認められなかった。一方、1回目に発病程度の高い個体は2回目にも平均的には高い発病程度を示したが、強抵抗性から罹病性まで幅広い変異を示し、1回目より著しく発病程度が低くなる個体も見られた。以上の結果から、苗齢の進行に伴い発病程度が低くなるのは個体レベルの発病程度の変化に基づくもので、遺伝的な

表6 抵抗性の接種回次間の関係

		1 回 目 接 種 時 発 病 程 度											平 均
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2 回 目 接 種 時 発 病 程 度	0											1	10.0
	1		6	6	3	2	5		2	2	3	14	5.9
	2		12	6	5	5	3		5	1	3	21	5.8
	3		4	4	2	2	2	1	6	2	3	26	7.4
	4		3	2			1			5	1	16	7.9
	5		1			1	1		3		2	24	9.0
	6			1			1		1			8	8.5
	7								1	2		26	9.8
	8								2			14	9.6
	9											17	10.0
	10								2	2	3	143	9.9
平 均			2.3	2.5	1.9	2.3	2.5	3.0	4.3	4.6	4.1	7.2	

注) 表中の数値は個体数を示す。全体の相関係数は0.53で、1%水準で有意。

抵抗性程度に応じて様々な程度に発病程度が低くなる個体が出現し、その頻度が高くなるためであることが示された。

4. 試験3 苗齢による抵抗性及び選抜効果の差異

試験2で見られたように、苗齢の進行に伴い発病程度の低い個体が出現し、その頻度が高まることから、小苗齢時に強選抜することが有利と考えられる。ここでは検定苗齢の範囲をさらに広げ、選抜実験によってこの点を確認することとした。

材料と方法：栽培品種6点を供試し、播種時期を14日間隔で苗齢の異なる3種類の苗を1区10個体4反復乱塊法で養成した。播種後25、39及び53日目の苗に同時に接種を行った。供試品種の内3品種について接種時苗齢別に抵抗性個体(評点0~2)を選抜し、品種・接種苗齢別に選抜個体間で放任受粉さ

せ次代種子を得た。これらの種子を原種子とともに供試し、1区10個体6反復乱塊法配置で苗を養成し、播種後38日目に接種を行った。

結果：供試品種・系統の苗齢別の検定結果を表7に示した。試験2と同様苗齢の進行に伴い発病程度は低下し、品種間差が拡大するとともに広義の遺伝率もより大きな値が得られた。抵抗性の苗齢相互間の相関はいずれも0.93以上と極めて高く、抵抗性の品種順位の供試苗齢間の一致度は試験2より高かった。

次に、選抜次代の検定結果を品種及び苗齢別に表8に示した。どの苗齢での選抜次代も無選抜に比べて高い抵抗性を示し、選抜効果が認められた。選抜基準は各苗齢同様に評点2以下としたが、苗齢の進行に伴い発病程度の低くなる個体が生じるため、選抜率は苗齢間で大差が生じ、小苗齢ほど低かった。一方、選抜次代の抵抗性は25日苗が最も高く、39日苗と53日苗の選抜次代間の抵抗性にほとんど差異は認められなかった。最も小苗齢の25日苗で最大の選抜効果が得られたことは、選抜の早期化・大規模化という幼苗接種選抜の利点を生かすうえで好都合と考えられた。

5. 試験4 *ssp. himalayensis* の抵抗性の苗齢及び接種孢子濃度による差異

試験1において *ssp. himalayensis* が極強の抵抗性を示し、遺伝子源として有望と考えられた。ここでは本亜種においても苗齢による発病程度の変動が見

表7 雲形病抵抗性の苗齢による差異

品 種	25 日 苗	39 日 苗	53 日 苗
Alma	10.0	10.0	8.8
Latar	8.7	5.7	3.4
オカミドリ	9.4	7.4	5.5
Masshardy	8.7	5.4	2.6
ハイキング	9.8	8.7	5.9
北 海 18 号	9.2	7.1	5.8
平 均	9.4	7.7	5.9
広義の遺伝力	0.38	0.76	0.91

注) 表中の数値は発病程度を示す

表8 選抜時の苗齢と選抜率による雲形病抵抗性選抜効果の差異

品 種	選抜時苗齢(日)	選 抜 率 %	選 抜 差	発 病 程 度	実現遺伝率
オカミドリ	25	2.5	7.4	6.2	0.35
	39	12.5	5.9	7.2	0.27
	53	35.1	3.8	7.8	0.26
	無 選 抜			8.8	
Masshardy	25	3.1	6.7	4.3	0.49
	39	13.0	3.8	5.5	0.55
	53	59.4	1.4	5.8	1.29
	無 選 抜			7.6	
北 海 18 号	25	10.0	7.5	4.7	0.55
	39	12.9	5.8	6.3	0.43
	53	31.6	4.2	6.2	0.62
	無 選 抜			8.8	

表9 *ssp. himalayensis* における苗齢及び
胞子濃度による雲形病抵抗性の差異

苗 齢	接種後	胞子濃度($\times 10^5$ /ml)			平 均
		75	15	3	
3 日 苗	8 日 目	1.1	1.1	0.7	0.9
	12 日 目	3.4	2.3	1.6	2.4
	16 日 目	4.3	3.5	2.8	3.5
	20 日 目	4.9	4.6	3.9	4.5
	(平 均)	3.4	2.9	2.2	2.8
40 日 苗	8 日 目	1.0	1.0	0.5	0.8
	12 日 目	1.6	1.7	1.1	1.5
	16 日 目	2.1	2.1	1.9	2.0
	20 日 目	2.4	2.2	2.3	2.3
	(平 均)	1.8	1.8	1.4	1.7

注) 表中の数値は発病程度を示す。なお, *ssp. lusitanica* が評点 10.0 を示した時期に対応する数値に下線を付した。

られるかどうかを主体に検討した。

材料と方法: 試験1でそれぞれ抵抗性極強及び極弱を示した *ssp. himalayensis* 及び *ssp. lusitanica* を供試し, 播種期を7日間隔で2種類の苗を養成した。接種胞子濃度を3, 15及び75 $\times 10^5$ /mlの3水準とし, 播種後33及び40日目の苗に同時に接種を行った。

1区個体数は7, 反復数2の乱塊法配置で試験を行

った。

結果: 接種後日数の経過に伴う発病程度の変化を苗齢及び胞子濃度別に表9に示した。苗齢では33日苗が40日苗に比べて発病程度が高く, 接種後日数の経過に伴う病勢の進展度合いも大きかった。これらのことから, *ssp. himalayensis* においても苗齢の進行に伴い発病程度が低下することが確認された。また, 33日苗では胞子濃度による差異が認められ, 最も低濃度の3 $\times 10^5$ /mlでは低い評点が得られた。しかし, 表中に下線で示した *ssp. lusitanica* が評点10.0(全葉罹病)を示す時期を起点とし, それ以後の経過日数が等しい調査時期の発病程度で見ると, この胞子濃度による差異はほとんど見られなくなった。したがって, 3 $\times 10^5$ /mlの胞子濃度では一定の発病程度に達するまでの日数が若干遅れるが, 日数の経過に伴う発病程度の増大はより高濃度のそれと大差ないと見られ, 胞子濃度3 $\times 10^5$ /mlから検定は可能で, 15 $\times 10^5$ /mlで十分と考えられた。

6. 試験5 幼苗時と成体時の判定の一致度

試験1, 2及び3において, 発病程度は幼苗時には苗齢の進行に伴い高まることが明らかとなった。ここではそれ以降成体に至るまでの発病程度の変動を検討した。

材料と方法: 8栽培品種の播種後47日目と80日目の2回の接種検定済苗から, 各品種別に抵抗性, 中間型, 及び罹病性の計23個体を選び圃場に定植し

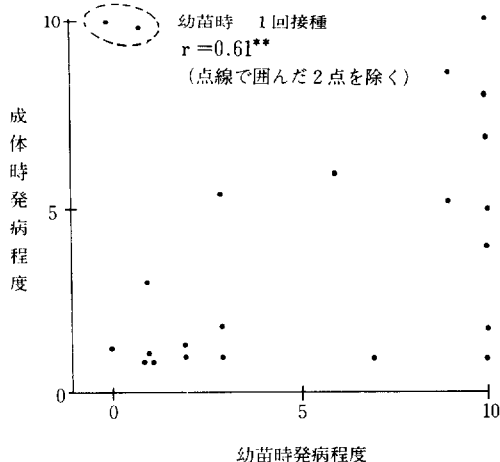
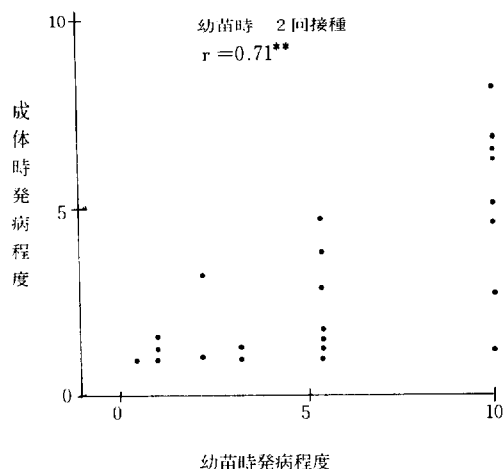


図1 幼苗時と成体時の抵抗性の関係

(**は1%水準で有意であることを示す。)

た。4ヵ月後に各個体を栄養繁殖(株分け)し、6反復で育苗箱に定植した。定植後20日目に接種を行い、幼苗検定と同じ要領で判定した。また、試験3の材料のうち、播種後53日目に接種を行ったものから23個体を無作為に選び圃場に定植した。これらについて3反復で上記と同様の手順で接種検定を行った。

結果：播種後47日目及び80日目の2回の判定の平均値と成体時の判定との関係を図1(左側)に示した。両者の間には0.71と正の有意な相関係数が得られた。個々に見るとすべての個体の発病程度は成体時には幼苗時と同等かそれ以下となり、幼苗時罹病性を示した個体でも成体時に発病程度の極めて低いものが見られた。幼苗時1回の判定を行った試験3の材料の一部を供試した場合の幼苗時と成体時の判定間の関係を図1(右側)に示した。上記の場合と異なり、幼苗時の発病程度は極めて低いにもかかわらず成体時に罹病性を示すものが2個体見られたが、これらは1回のみの接種判定による誤判定個体と見られた。この2個体を除くと両者の間には0.61と有意な正の相関が得られ、また、成体時の発病程度は幼苗時と同等かそれ以下を示した。以上のことから、80日齢以降、成体に至るまでも発病程度が低くなる個体の生じることが分かった。

7. 試験6 抵抗性選抜系統と既存品種・系統との比較

材料と方法：北海道農業試験場で育成した系統と道内流通品種計8点に抵抗性選抜系統2点及び強抵抗性品種「Latar」と極強亜種 *ssp. himalayensis* を

加えた計12点を供試した。1区10個体、5反復乱塊法配置で苗を養成し、播種後50日目に接種を行った。また、上記の抵抗性選抜系統に更に1サイクルの集団選抜を加えた次代を親世代種子及び素材品種・系統とともに供試し、1区10個体6反復の乱塊法配置で育苗し、播種後35日目に接種を行った。

結果：道内流通品種、当研究室育成系統及び抵抗性選抜系統の検定結果を表10に示した。「キタミドリ」から「Kay」までの道内品種では「Kay」がやや高い抵抗性を示したが、いずれも抵抗性品種として知られる「Latar」より抵抗性は低く、不十分と見られた。北海系統はいずれも雲形病を含む葉枯性病害に対する抵抗性に相当の比重をおいて選抜育成したものであるが、本病に関しては早生及び中生の「北海14号」、「同18号」及び「同20号」は既存品種と

表10 既存品種及び育成系統の雲形病抵抗性

品 種・系 統	発病程度	抵抗性個体率*
キタミドリ(早生)	6.8	12.6
フロンティア(中生)	6.1	20.0
オカミドリ(晩生)	6.4	21.4
Kay (晩生)	5.5	30.8
Latar (晩生)	4.2	56.3
北海14号(晩生)	7.2	6.6
北海18号(中生)	6.0	27.8
北海19号(晩生)	5.1	40.3
北海20号(早生)	7.1	8.7
<i>ssp. himalayensis</i>	1.6	98.5
Sc-3	2.4	81.6
O-M1	2.6	76.5

*：評点0-3の個体割合(%)

表11 幼苗選抜による抵抗性の向上

品 種・系 統	選 抜 回 数	選 抜 率	選 抜 差	選抜時苗齢(日)	発 病 程 度
オカミドリ					8.5
O-M1	1	7.0	7.1	42	4.0
O-M2-2L	2	23.5	4.8	25	2.9
O-M2-4L	2	52.5	1.1	39	3.6
PC-21					5.0
Sc-3	2	11.7, 3.5		73, 28	3.8
Sc-3-1	3	28.9	3.6	32	1.9
Sc-3-2	3	13.2	2.6	32	2.4
<i>ssp. himalayensis</i>					1.4

注) 「O-M1」は「オカミドリ」の集団選抜次代、「O-M2-2L」及び「O-M2-4L」はともに「O-M1」の集団選抜次代。「Sc-3」は「PC-21」の2サイクルの半兄弟選抜次代、「Sc-3-1」及び「Sc-3-2」はともに「Sc-3」の集団選抜次代。「Sc-3」の選抜率及び選抜時苗齢は左に1回目の、右に2回目の値を示した。

大差なく、晩生の「北海19号」のみが「オカミドリ」にまさる抵抗性を示した。一方、幼苗接種選抜を適用し、晩生の多交配後代中の1系統から2サイクルの半兄弟交配と選抜により育成した「Sc-3」、及び「オカミドリ」の集団選抜次代の「O-M1」は極強亜種 *ssp. himalayensis* に次ぐ高い抵抗性を示した。

次に「Sc-3」及び「O-M1」の集団選抜次代を親世代及び素材品種・系統種子とともに検定に供試した結果を表11に示した。両群ともに選抜を重ねるごとに抵抗性が向上しており、幼苗検定の選抜効果は明らかであった。「O-M2-2L」と「O-M2-4L」はともに「O-M1」の選抜次代であるが、選抜苗齢が異なり、前者は播種後25日目に、後者は39日目にそれぞれ接種検定を行ったものである。後者の抵抗性が親世代と大差ないのに比べて、前者では明らかな選抜効果が認められ、選抜が進み抵抗性が向上した材料では、小苗齢での選抜が必須であることが示唆された。また、「Sc-3-1」及び「Sc-3-2」はともに「Sc-3」の集団選抜次代であるが、前者は評点0~1、後者が評点2の後代であり、明らかに前者の抵抗性が高く、強選抜が有効なことが示唆された。最終的に育成された「O-M2-2L」及び「Sc-3-1」の抵抗性は既存品種より著しく高かった。

考 察

1. 検定苗齢について

イネ・ムギのような自殖性作物では苗齢による発病程度の変動が存在する場合でも、品種間差の検出及び選抜上の適苗齢は一致すると考えられる。しかし、オーチャードグラスのような他殖性の作物では品種内に遺伝的変異があるため、品種の選抜よりも品種内の個体選抜がより重要となる場合があり、この両者における適苗齢は一致しないことも考えられる。本試験で見られた苗齢による発病程度の差異をまず品種間差の検出の面から見ると、既存の栽培品種を供試した試験2,3では、苗齢の進行に伴って品種・系統間差が拡大し、広義の遺伝率も向上した。また、苗齢と接種回次間の相関は一般に高かったが、25日苗の検定結果はより大苗齢のそれとは一致しない場合も認められた。しかし、抵抗性選抜次代のように抵抗性の高い材料を含む場合には(試験1)、大苗齢で系統間差は拡大したが、苗齢間に検定精度の差異は認められなかった。したがって、強品種・系統間差の検定には小苗齢が、比較的抵抗性程度の低

い品種・系統間差の検定には大苗齢が適すると考えられた。一方、同一の発病程度を基準に選抜を行ったが、選抜率は苗齢が進むほど大きくなった。選抜効果も選抜強度の最も高い25日苗で最大であり(試験3)、また、選抜により抵抗性の高まった材料では25日苗のみに選抜効果が認められ、39日苗ではほとんど選抜効果が見られなかった(試験6)。これらの選抜効果の差異と、試験2で見られた苗齢の進行に伴い発病程度が低下する個体が新たに出現することとを考え併わせると、苗齢による発病程度の差異の原因は、遺伝的に抵抗性程度の高いもののほど小苗齢時から低い発病程度を示すことによると考えられた。すなわち、抵抗性は遺伝的には連続変異を示すが、ある程度以上では表現型が一様に低い発病程度を示す閾(いき)値が存在し、これが苗齢の進行に伴い罹病性側に移動すると考えられた。以上のことから、選抜苗齢も材料に応じた使い分けが必要で、強抵抗性品種・系統からの選抜には小苗齢が、抵抗性の低い品種・系統からの選抜には大苗齢が適すると考えられた。

2. 接種回数と孢子濃度について

1回のみの接種では誤判定の危険があることを示す結果が得られている(吉山ら, 1967)。本試験でも1回のみの判定は2回の判定より精度が低い場合があった。しかし、本試験で示した選抜効果はすべて1回の接種判定により得られたもので、十分高い選抜効果が得られたことから、選抜過程での接種は1回でも十分と考えられた。

接種孢子濃度は3, 15及び $75 \times 10^5/\text{ml}$ の3段階で検討したが、 $3 \times 10^5/\text{ml}$ から検定は可能でそれ以上に濃度を上げて発病まで日数が数日短縮されただけで発病程度に差はなかった。したがって、孢子濃度によって発病程度を変えて選抜率を調節することは困難と考えられた。

3. 標準系統について

試験1で接種後個体レベルの発病程度が安定する時期と極弱亜種 *ssp. lusitanica* の評点がほぼ10.0となる時期が一致する結果を得たため、それ以後の試験には本亜種を標準系統として加え、これが評点10.0と全葉罹病を示す時期に発病程度の判定を行った。これによって判定時期の決定の便とともに試験回次間の育苗及び接種後の環境条件の違いによる判定の差異を消去しようとした。しかし、同一品種・同一苗齢でも試験回次間の評点は変動するので、異なる

試験回次間で抵抗性の間接比較を行う場合には、抵抗性の異なる複数の標準系統が必要と考えられた。

4. 今後の問題点

本試験では晩生の材料を供試して、選抜効果の確認を行いながら抵抗性系統の育成を試みた。これは本病抵抗性が一般に低く、向上の必要性の大きい早生で選抜効果が極めて小さく、既存品種中にも早生の強抵抗性素材が見当たらないことから（池谷ら、1983）、晩生系統から抵抗性の取り込みを図るのが必要と考えたためである。すじ葉枯病（池谷ら、1983）及びうどんこ病（小田ら、1982）に対しても雲形病と同様に早生系統は抵抗性が低いので晩生素材からの抵抗性の取り込みを図る必要がある。これらの試みの成否は抵抗性と熟期をはじめとする他の実用形質とのリンケージがどの程度にかかっていると考えられ、これらを含めた遺伝解析が今後必要と考えられる。

雲形病に極強の抵抗性を示す *ssp. himalayensis* はすじ葉枯病（池谷ら、1983）及びうどんこ病（小田ら、1983）にも極強の抵抗性を示し、今後の抵抗性素材として注目されよう。本亜種の素材化は将来起こり得る菌系分化への対応から見てもその意義は大きいと考えられる。

要 約

1. オーチャードグラス雲形病幼苗接種検定における発病程度の苗齢並びに孢子濃度による差異及び抵抗性の選抜効果を近縁亜種と栽培品種・系統を用いて検討した。

2. 品種・系統平均値での幼苗検定における発病程度は苗齢の進行に伴って低下し、品種・系統間差及び広義の遺伝率は大きくなった。また、抵抗性の品種・系統の順位は各苗齢間で良く一致した。

3. 個体単位では小苗齢で発病程度の低いものは苗齢が進んでも一般に低い発病程度を示したが、小苗齢で罹病性を示すものには苗齢が進むと発病程度が高いものから著しく低下するものまで認められた。また、同様の関係が幼苗と成体の発病程度の間においても認められた。

4. 接種時の苗齢を播種後 25, 39, 53 日の 3 段階に変えた所、選抜次代の抵抗性はいずれの苗齢でも高まったが、その中でも最小の 25 日苗での選抜効果が最大であった。

5. 以上の結果から、抵抗性は遺伝的には連続変異

を示すが、ある点以上では表現型が一様に抵抗性を示す閾値が存在し、これが苗齢の進行に伴い罹病性側に移動すると考えられた。したがって、苗齢は検定材料や目的に応じて使い分けることが必要で、抵抗性の低い材料からの選抜や系統間差の検出には大苗齢が、強抵抗性の材料からのそれらには小苗齢が適すると考えられた。

6. 孢子濃度は $3 \times 10^5/\text{ml}$ から検定は可能であったが、15 及び $75 \times 10^5/\text{ml}$ では発病まで日数がそれより数日短縮した。

7. 1 回の接種判定での精度は 2 回接種に比べて低かったが、この場合でも選抜効果は十分高く、選抜過程での重複接種の必要性は小さいと考えられた。

8. 近縁亜種間には幅広い抵抗性の差異が認められ、2 倍体の *ssp. himalayensis* 及び *ssp. aschersoniana* は極めて高い抵抗性を示した。両亜種内の選抜による実現遺伝率もそれぞれ 0.67, 0.85 と高い値が得られ、遺伝子源として有用と考えられた。また、二倍体亜種 *ssp. lusitanica* は高度罹病性を示し、標準系統としての利用が考えられた。

引用文献

- 1) 後藤寛治(1968)：個体植によるオーチャードグラス品種の評価。北海道農試彙報, 94, 79—92.
- 2) 宝示戸貞雄, 後藤寛治, 森 行雄, 川端習太郎, 雑賀 優, 阿部二郎, 鈴木 茂, 窪田文武, 荒木 博(1985)：オーチャードグラスの新品種「オカミドリ」の育成とその特性。北海道農試研報, 143, 23—48.
- 3) 池谷文夫, 江柄勝雄(1983)：*Dactylis* 属導入品種・系統に見られた雲形病および条葉枯病罹病程度の変異。日草誌, 28(別号)。
- 4) 成田武四(1980)：北海道農作物病害総覧。北海道植物防疫協会。p. 440—500.
- 5) 西原夏樹(1981)：農林水産研究文献解題。No.6 牧草病害編。農林統計協会。280—283.
- 6) 小田俊光, 川端習太郎, 稲波 進(1982)：オーチャードグラスのうどんこ病抵抗性育種に関する研究。
1. 幼苗検定による抵抗性の品種・系統間変異。日草誌, 28(別号)。
- 7) 小田俊光, 川端習太郎, 稲波 進(1983)：オーチャードグラスのうどんこ病抵抗性育種に関する研究。
2. *Dactylis* 属近縁野生種にみられる抵抗性の変異。日草誌, 29(別号)。
- 8) 吉山武敏, 宝示戸貞雄, 田中弘敏(1965)：オーチャードグラス雲形病の耐病性に対する系統間差異。畜

試資料, 39(54), 52-63.

- 9) 吉山武敏, 宝示戸貞雄, 田中弘敬(1967): オーチャードグラスの苗齡と雲形病発生との関係. 畜試資料, 41(35), 41-59.
- 10) 吉山武敏, 宝示戸貞雄, 田中弘敬(1968): オーチャードグラス雲形病菌の生理学的特性. 畜試資料, 42, (29)36-45.

[Res. Bull. Hokkaido Natl Agric.
Exp. Stn, 147, 135-146(1987)]

Improvement on the Testing Methods for Resistance to Leaf Scald, *Rhynchosporium orthosporum* CALDWELL and Response to Selection in Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.)

Shinichi SUGITA, Sadao HOJITO, Hiroshi ARAKI
and Hisaaki DAIDO

Summary

We have tried to develop the highly resistant varieties of orchardgrass to several leaf diseases. Recently, we have adopted the artificial inoculation method on to the seedlings for testing resistance to leaf scald, which is one of the most important diseases in Japan. This study was carried out to elucidate the suitable seedling age, conidia concentration in applying the method, and realized heritabilities of the resistance on the selection cycles using some cultivated varieties and wild subspecies of *Dactylis glomerata*, and also to evaluate wild subspecies as promising resistant gene source. The results obtained were as follows.

1. On the strain mean bases, the degree of resistance increased with increasing seedling age at inoculation (between the age of 25 days to 53 days after sowing). Degree of resistance at different ages were highly correlated each other.

2. In the view of plant base, twice repeated testing with the same materials at 25 days interval, revealed that the plants which were resistant at the first test remained resistant in the following test, and that the plants which were susceptible at the first test showed widely varied response; some were highly resistant and others remained susceptible in following test. Similar relationships on the plant base were observed

between the degree of resistance at 53 or 80 days old seedlings and that of clonal propagated adult plants.

3. In the single cycle of mass selection from different ages of seedling at inoculation, the maximum effect of selection was obtained from the youngest, where the selection rate was lowest.

4. From results above, we assumed that resistance inherited as threshold-like character where resistance had genetically underlying continuous variation and plants exceeded the threshold showed phenotypically resistance. Besides, it was assumed that this threshold shifted to the susceptible side and thus proportion of resistant plants increased with increasing age from 25 days seedling through adult plant. Therefore, it was considered reasonable that the seedling age at inoculation had to be decided according to the estimated level of resistance of entries and/or the required selection intensity.

5. The realized heritabilities ranged from 0.23 to 1.29 (ave. 0.55) in several selection experiments with cultivated varieties.

6. The conidia concentration of 3×10^5 per ml was available for the testing resistance. At 15×10^5 per ml and 75×10^5 per ml, there equally occurred the shortening of some days in the first appearance of symptom after the inoculation.

7. In wild subspecies, there was shown a wide range of resistance. Two diploid subspecies, *himalayensis* and *aschersoniana*, showed extremely high resistance and high realized heritabilities

(0.67 and 0.85 respectively) in a single cycle of mass selection, thus we assumed them promising resistant gene sources.