

トウモロコシごま葉枯病およびすす紋病の抵抗性の系統間 差異の年次安定性

誌名	長野県中信農業試験場報告
ISSN	03896935
著者名	佐藤,尚 澤野,史 重盛,勲 前島,秀和 三木,一嘉
発行元	長野県中信農業試験場
巻/号	17号
巻号補足	
掲載ページ	p. 57-61
発行年月	2005年10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



トウモロコシごま葉枯病およびすす紋病の抵抗性の 系統間差異の年次安定性

佐藤 尚・澤野 史・重盛 勲*・前島秀和**・三木一嘉***

I 緒 言

我が国のトウモロコシは降水量が多いことから各種糸状菌による葉枯性病害が多発しやすい環境にあり、これらの病害に対する抵抗性は品種育成や品種選定の際に重要な形質である。このうちごま葉枯病 [*Bipolaris maydis* (Nishikado & Miyake) Shoemaker] は関東以西の温暖地から暖地における重要病害¹⁴⁾¹⁶⁾であり、すす紋病 [*Exserohilum turcicum* (Passerini) Leonard & Suggs] は東北および北海道の寒冷地から寒地にかけての重要病害⁴⁾¹⁶⁾である。ごま葉枯病に対する抵抗性の遺伝には、劣性主働遺伝子 *rh^m*¹⁷⁾と微働遺伝子³⁾⁷⁾¹⁴⁾¹⁵⁾が関与している。主働遺伝子による抵抗性には病原菌のレースの分化による罹病化の危険性が多くの病害で知られており、またごま葉枯病抵抗性主働遺伝子は劣性遺伝子であるため、両親系統に保有させる必要があり、実際の育種では微働遺伝子による抵抗性が多く利用されている。すす紋病に対する抵抗性の遺伝には、過敏反応を起こし壊死症状を示す4つの優性主働遺伝子²⁾⁶⁾⁸⁾⁹⁾と壊死症状を示さないが発病程度を低くする2つの優性主働遺伝子¹⁰⁾¹¹⁾が知られているが、いずれも最終的には発病する。また微働遺伝子も関与⁵⁾¹¹⁾しており、主働遺伝子と微働遺伝子では微働遺伝子の有利性が示唆されており¹⁹⁾、実際の育種では主働遺伝子についてはHt 1 遺伝子は利用されているものの、微働遺伝子の利用もかなり多いと言われている¹⁹⁾。

この両病害は我が国における重要病害として国公立機関でのトウモロコシ品種育成の特性検定試験¹⁸⁾として必須になっている。我々は寒冷地から温暖地東部向けの飼料用トウモロコシの育種を行っており、この両病害の抵抗性育種は重要な課題の1つとなっている。しかし長野県においては両病害とも比較的発生が少ないことから、接種検定による評価・選抜を行っている。両病害とも幼苗段階では抵抗性が十分に発現せずに罹病程度が著しく高くなるため、温室での幼苗検定法は確立していない¹⁾。またすす紋病抵抗性遺伝子Ht 1 あるいはごま葉枯病抵抗性遺伝子 *rh^m* を保有していても最終的には発病するため、圃場での接種検定により評価・選抜を行っている。しかしこれらは圃場試験であり環境条件の影響を受けやすいことが想定される。さらにすす紋病については系統間差異が年次によって異なるという報告¹²⁾もあることから、

接種検定の安定性を確認する必要がある。そこで過去の接種検定の結果の年次安定性を評価したのでここに報告する。

II 材料および方法

1998年から2003年までの6ヶ年に生産力検定試験あるいは両病害の抵抗性検定試験に供試した品種・系統のデータを用いた。1998年から2001年までは、1区4畦12.0㎡で3反復の生産力検定試験について、2畦ごとに手前の株3個体にそれぞれごま葉枯病、すす紋病を接種して抵抗性の検定を行った。2002年はごま葉枯病は生産力検定試験の1畦目の手前3個体に接種し、すす紋病は別に1区8個体2反復の抵抗性検定圃場を設け、手前4個体に接種した。また2003年はごま葉枯病、すす紋病ともそれぞれ1区8個体2反復の抵抗性検定圃場を設け、手前4個体に接種を行った。

接種した菌はごま葉枯病がOレースで菌株No. 8375、8382、8836、すす紋病が菌株ET-No. 21、29、33で、麦粒に培養したものを各病原菌ごとに各菌株等量に混合して接種源とした。

接種日は両病害とも同じ日に行い、1998年が6月25日と7月2日、1999年が6月22日と29日、2000年が6月21日と29日、2001年が6月21日と28日、2002年は6月26日と7月1日、2003年は6月30日と7月7日で、どの年次も6月下旬から7月上旬にかけて2回行った。

病害の評点は、品種・系統の収穫適期を見計らってその1～3日程度前に、接種した個体について系統適応性検定試験の方法に準じて1を無、9を甚とする9段階で評点をおこなった。なお1998年度は古い調査基準による0を無、5を甚とする11段階で評点を行ったため、その値を1から9の評点に変換した値を用いた。

III 結 果

各年次間で共通して供試した品種・系統間のごま葉枯病罹病程度の年次間相関係数を表1に、すす紋病罹病程度の年次間相関係数を表2に示した。年次が離れるほど共通する品種・系統数は減少するが、最低6の共通品種のデータが得られた。

ごま葉枯病では、1998年と2001年の間、1998年と2002年の間では共通する品種が結果として、それぞれ7およ

* 現長野県野菜花き試験場、** 現農研機構東北農業研究センター、*** 現農研機構北海道農業研究センター

表1. 共通する品種でのごま葉枯病罹病程度の年次間相関係数(1998～2003年) ¹⁾²⁾

	98年	99年	00年	01年	02年	03年
98年		0.795** (n=26)	0.752* (n=9)	0.651 ^{ns} (n=7)	0.803 ^{ns} (n=6)	0.881** (n=10)
99年			0.779** (n=23)	0.869** (n=9)	0.914** (n=7)	0.844** (n=11)
00年				0.824** (n=18)	0.849** (n=12)	0.730** (n=13)
01年					0.673** (n=14)	0.702* (n=12)
02年						0.612** (n=26)
03年						

1) **および*はそれぞれ1%、5%水準で有意である

2) カッコ内の数字は年次間で共通していた品種・系統の数である

表2. 共通する品種でのごま紋病罹病程度の年次間相関係数(1998～2003年) ¹⁾²⁾

	98年	99年	00年	01年	02年	03年
98年		0.711** (n=26)	0.711* (n=9)	0.062 ^{ns} (n=7)	0.620 ^{ns} (n=6)	0.795** (n=10)
99年			0.777** (n=23)	0.904** (n=9)	0.862* (n=7)	0.885** (n=11)
00年				0.825** (n=25)	0.433 ^{ns} (n=14)	0.656* (n=12)
01年					0.576* (n=12)	0.877** (n=12)
02年						0.471* (n=26)
03年						

1) **および*はそれぞれ1%、5%水準で有意である

2) カッコ内の数字は年次間で共通していた品種・系統の数である

び6と少なくなってしまったことも影響したのか、相関係数は有意ではなかった。1998年と2000年の間および2001年と2003年の間では5%水準で、それ以外の年次間では1%水準で有意な正の相関係数がみられた。

すす紋病では1998年と2001年の間、1998年と2002年の

表3. 相関がみられなかった年次間の相関係数および順位相関係数¹⁾²⁾

試 験 間	相 関 係 数	順位相関係数 ³⁾
ごま葉枯病 98-01	0.615 ^{ns} (n=7)	0.875** (n=7)
ごま葉枯病 98-02	0.803 ^{ns} (n=6)	0.857* (n=6)
すす紋病 98-01	0.062 ^{ns} (n=7)	-0.045 ^{ns} (n=7)
すす紋病 98-02	0.620 ^{ns} (n=6)	0.60 ^{ns} (n=6)
すす紋病 00-02	0.433 ^{ns} (n=14)	0.442 ^{ns} (n=14)

1) **および*はそれぞれ1%および5%水準で有意

2) カッコ内の数字は品種・系統数

2) Spearmanの順位相関係数

間および2000年と2002年の間で相関係数は有意でなかった。1998年と2000年の間、1999年と2002年の間、2000年と2003年の間、2001年と2002年の間、2002年と2003年の間で5%水準で、それ以外の年次間では1%水準で正の相関係数がみられた。

ごま葉枯病およびすす紋病について相関係数が有意でなかった年次間についてSpearmanの順位相関係数を表3に示した。ごま葉枯病では2事例とも有意な正の関係がみられたが、すす紋の3事例ではいずれも相関係数がみられなかった。

1998年から2003年までの6年間すべての年次で供試された品種はP3699、セシリア、32K61、G4742、G4655、タチタカネの6品種であった。6年間のこれらの品種のごま葉枯病の罹病程度を表4に、すす紋病の罹病程度を表5に示した。ごま葉枯病は2003年がやや発病が多く、2001年は少なかった。またセシリアおよびP3699の罹病程度が高く、残りの4品種は低めであった。すす紋病は1999年と2000年の発病は多く、1998年は少なかった。32K61の罹病程度が高く、G4742およびタチタカネで低め

表 4. 6年間供試した 6 品種のごま葉枯病罹病程度¹⁾

品種名	98年	99年	00年	01年	02年	03年	品種平均
P3699	5.3	5.3	5.0	2.3	5.0	6.0	4.8
セシリア	5.3	6.0	7.0	3.3	5.8	3.3	5.6
32K61	4.5	2.3	2.7	2.0	3.0	3.8	3.1
G4742	1.5	2.0	2.7	1.7	2.7	3.8	2.4
G4655	2.1	2.0	3.0	2.0	3.2	3.8	2.7
タチタカネ	2.6	3.7	3.0	2.3	3.0	3.8	3.1
年次平均	3.6	3.6	3.9	2.3	3.8	4.6	3.6

1) 1: 無～9: 甚による観察評点

表 5. 6年間供試した 6 品種のすす紋病罹病程度¹⁾

品種名	98年	99年	00年	01年	02年	03年	品種平均
P3699	4.7	7.3	6.7	5.0	5.0	3.8	5.4
セシリア	4.2	8.3	7.7	5.3	5.0	5.0	5.9
32K61	4.0	7.7	6.3	7.4	5.0	6.3	6.1
G4742	2.3	7.3	7.0	5.2	4.5	4.0	4.8
G4655	4.2	8.3	7.0	6.7	4.0	5.0	5.9
タチタカネ	2.3	7.0	5.3	5.7	3.5	4.5	4.7
年次平均	3.6	7.7	6.7	5.9	4.5	4.8	5.5

1) 1: 無～9: 甚による観察評点

表 6. 6 品種のごま葉枯病およびすす紋病罹病程度の固有ベクトルと寄与率、累積寄与率

年次	ごま葉枯病		すす紋病	
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 1 主成分	第 2 主成分
98年	0.365	0.510	0.478	-0.122
99年	0.417	-0.047	0.511	0.020
00年	0.424	-0.163	0.421	-0.422
01年	0.392	-0.289	0.235	0.645
02年	0.428	-0.015	0.404	-0.282
03年	0.420	0.053	0.338	0.558
寄与率(%)	88.7	6.3	47.5	32.0
累積寄与率(%)	88.7	94.9	47.5	79.5

表 7. 主成分分析による 6 品種のすす紋病罹病程度の主成分スコア

品種	第 1 主成分	第 2 主成分
P3699	-0.046	-1.245
セシリア	1.084	-0.832
32K61	0.842	1.499
G4742	-0.785	-0.765
G4655	0.657	0.553
タチタカネ	-1.751	0.789

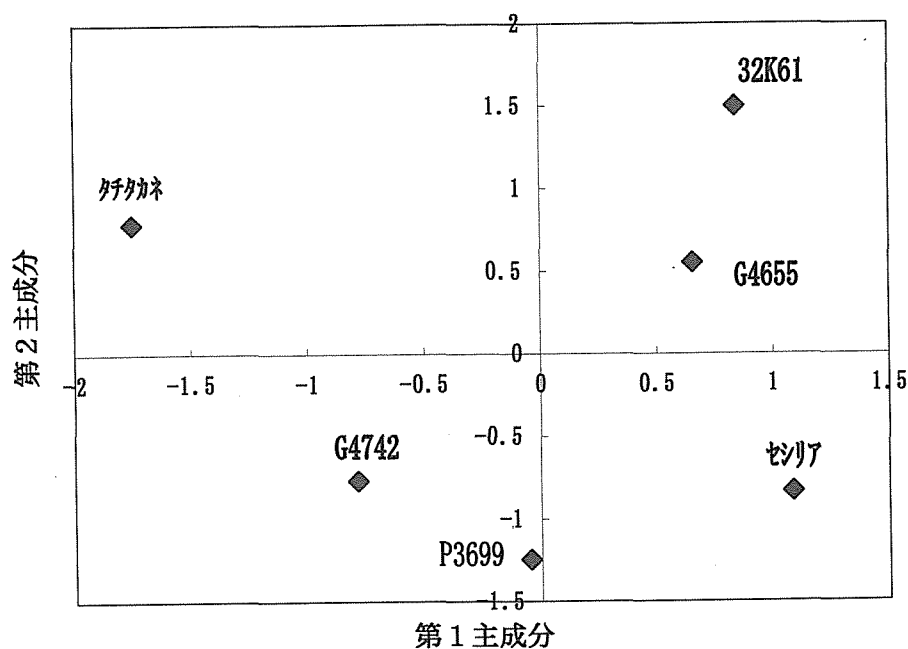


図 1 すす紋病罹病程度の主成分スコアの散布図

であったが、ごま葉枯病よりは品種間差は小さかった。

ごま葉枯病およびすす紋病の各品種の年次反応を表現する手法として、各品種の年次データについて主成分分析を行い、その固有ベクトルおよび寄与率等を表6に示した。

ごま葉枯病では、第1主成分が88.7%と非常に高い値を示し、すべての年次に正の負荷を与えていたことから、正の方向が罹病程度すなわち、罹病性を示すものと推定した。第2主成分は1998年に正の負荷が大きく、他の年次はゼロか小さな負の負荷であったことから1998年の反応がやや異なったことを示した。ただ第1主成分の寄与率が88.7%に対して第2主成分の寄与率は6.3%と非常に小さいことから、ごま葉枯病では抵抗性は安定しており、年次に対する特異的な反応は極小さいものと思われる。

すす紋病では第1主成分が47.5%で、いずれの年次もすべて正の負荷を与えていたことから正の方向が罹病程度すなわち罹病性を示すものであると思われる。第2主成分は寄与率が32.0%であり、2001年と2003年が正の負荷を与え、1998年、2000年および2002年に負の負荷を与えていたことから、大きく2001、2003年型と1998、2000、2002年型の2つの傾向があるものと推定できた。

すす紋病の主成分分析による6品種の主成分スコアを表7に、各品種の第1主成分と第2主成分の散布図を図1に示した。図1は横軸の第1主成分が正の方向に位置する品種ほど罹病性が高いことを示す。縦軸である第2主成分が正の方向に位置する品種は2001年、2003年に多発傾向にあったことを示し、負の方向に位置する品種は1998年、2000、2002年に多発傾向にあったことを示す。セシリアと32K61はどちらも罹病性の品種であるが、32K61は2001年、2003年に多発傾向に、逆にセシリアは1998年、2000年、2002年に多発傾向にあったことを示した。

IV 考 察

年次間で共通した品種による相関から、ごま葉枯病については全体に相関関係が高く、相関関係がみられなかった年次間でも順位相関係数では相関関係がみられたことから、大きく年次間で品種間差異の序列は変わらないものと考えた。6ヶ年間に共通して供試された6品種についての主成分分析での結果からも年次を通した罹病程度を示す第1主成分の寄与率が非常に高く大部分を説明できることから、ごま葉枯病抵抗性検定は圃場試験でも年次変動は少なく、安定した評価・選抜が行える。

今回の結果はF₁品種についての解析であり、親である自殖系統の年次安定性ははっきりしていない。自殖系統でも年次で安定していれば、ごま葉枯病の微動遺伝子

による抵抗性は、抵抗性の方向に優性⁷⁾¹⁴⁾¹⁵⁾であり、優性程度は完全優性¹⁴⁾あるいは部分優性¹⁵⁾とされていることから、自殖系統の選抜を行うことによって、抵抗性F₁品種育成の効率は向上するものと考ええる。

一方すす紋病では、比較的年次間の相関は高かったが、密接な相関が認められなかった3事例では順位相関係数も有意でなく、品種間の序列が大きく変化していた。また6ヶ年間に共通して供試された6品種についての主成分分析での結果では、年次を通した罹病程度を示す第1主成分の寄与率が47.5%に対し、年次の反応を示す第2主成分が32.0%と高いことから、環境への安定性はやや低いものと推定でき、これまでにある報告¹²⁾と同様であった。年次での反応が変わるため、すす紋病の選抜・評価の際は、単年度の結果のみで強い選抜は行わない方がよいものと考ええる。

V 摘 要

1) 我が国で重要なとうもろこしの病害であるごま葉枯病とすす紋病の圃場での抵抗性検定試験の6年間の年次安定性について検討した。

2) ごま葉枯病罹病程度の系統間差異の年次間の相関関係は高く、年次間の相関がみられなかった事例でも順位相関は有意であったことから、単年度の試験結果でも系統間の抵抗性の序列の判定は可能である。

3) すす紋病罹病程度の年次間の相関、さらには順位相関も有意でない事例が認められた。これは年次によって抵抗性の序列が大きく変わることがあるため、単年度の試験結果のみで評価は行っていない。

VI 引 用 文 献

- 1) Andrew, R.H., P.R. Rowe and E.A. Oelke (1964): Certain factors influencing the development of northern leaf blight following seedling inoculation. *Crop Sci.* 4:4-7.
- 2) Carson, M.L. (1995): A new gene in maize conferring the "chlorotic halo" resistance to infection by *Exserohilum turcicum*. *Plant Dis.* 79:717-720.
- 3) Caunter, I.G and V.E. Gracen (1979): A comparative analysis of nuclear-determined resistance to *Helminthosporium maydis* race T and O in maize. *Crop Sci.* 19:333-336.
- 4) 広瀬昌平・戸田節朗 (1970): とうもろこし煤紋病抵抗性に関する研究. I 罹病程度と被害度の関係. 北農試研報96:30-39.
- 5) 広瀬昌平・戸田節朗 (1970): とうもろこし煤紋病抵抗性に関する研究. II 抵抗性の遺伝. 北農試研報

- 96 : 40-46.
- 6) Hooker, A.L. (1963) : Inheritance of chlorotic-lesion resistance to *Helminthosporium turcicum* in seedling corn. *Phytopath.* 53:660-662.
- 7) Hooker, A.L. (1972) : Southern leaf blight of corn - Present status and future prospects. *J. Environ. Quality.* 3:244-249.
- 8) Hooker, A.L. (1977) : A second major gene locus in corn for chlorotic lesion resistance to *Helminthosporium turcicum*. *Crop Sci.* 17:132-135.
- 9) Hooker, A.L. (1978) : Additional sources of monogenic resistance in corn to *Helminthosporium turcicum*. *Crop Sci.* 18:787-788.
- 10) Gevers, H.O. (1975) : A new major gene for resistance to *Helminthosporium* leafblight of maize. *Plant Dis. Rep.* 59:296-299.
- 11) Robbins, W. A. and H. L. Warren (1993) : Inheritance of resistance to *Exserohilum turcicum* in PI209135, "MAYORBELA" variety of maize. *Maydica.* 38:209-213.
- 12) Jenkins, M. T., A. L. Robert and W. R. Findley (1957) : Reaction of inbred lines of corn to *Helminthosporium turcicum* Pass. in difference season. *Agron. J.* 49:481-483.
- 13) Jenkins, M. T. and A. L. Robert (1959) : Evaluating the breeding potential of inbred lines of corn resistance to the leaf blight caused by *Helminthosporium turcicum*. *Agron. J.* 51:93-96.
- 14) 濃沼圭一・望月昇 (1986) : ダイアレル分析によるトウモロコシのごま葉枯病抵抗性の遺伝解析. 草地試研報35:35-41.
- 15) Lim, S. M. (1975) : Diallel analysis for reaction of eight corn inbreds to *Helminthosporium maydis* race T. *Phytopath.* 65:10-15.
- 16) 西原夏樹. (1987) : 原色 飼料作物の病害 : 17-20. 雪印種苗.
- 17) Smith, D. R. and A. L. Hooker (1973) : Monogenic chlorotic-lesion resistance in corn to *Helminthosporium maydis*. *Crop Sci.* 13:330-331.
- 18) 飼料作物特性検定試験実施要領 (改訂第3版) (2001) : 畜草研資料平成13-1 : 51-53.
- 19) Ullstrup, A. J. (1970) : A comparison of monogenic and polygenic resistance to *Helminthosporium turcicum* in corn. *Phytopath.* 60:1597-1599.

Stability of resistance to southern leaf blight and northern leaf blight in maize

Hisashi SATO, Takashi SAWANO, Isao SHIGEMORI, Hidekazu MAEJIMA and Kazuyoshi MIKI

Abstract

The stability of resistance to southern leaf blight and northern leaf blight, diseases of great significance to maize in Japan, was evaluated across six seasons.

In the case of southern leaf blight, the disease test results correlated between the seasons in most cases and for the cases that did not correlate, the rank correlations were all significant. It is possible to evaluate the rank of resistance in only one season.

In the case of northern leaf blight, the disease test results correlated between the seasons in most cases, however for the cases that did not correlate, the rank correlations were not significant either. Evaluating the rank of resistance in only one season should be avoided.