

ダイズ矮化病抵抗性の育種的研究

II. 雑種世代の抵抗性に関する一考察*

松川 勲** 谷村 吉光**
森 義雄** 後木 利三**

Breeding for Resistance to Soybean Dwarf Disease
II. Resistance of early hybrid generations to disease

Isao MATSUKAWA, Yoshimitsu TANIMURA,
Yoshio MORI and Toshimitsu USHIROGI

「ユウヅル」(感受性) × 「Adams」(抵抗性) の雑種後代系統を自然感染および人工接種に栽培し、発病率および発病指数を求めてダイズ矮化病に対する選抜の可能性および選抜は場の差異について検討した。その結果、 F_3 系統の発病指数は平均値が感受性親と抵抗性親とのほぼ中間の値を示し、その分布は正規分布に近似した連続的なものであった。 F_3 において抵抗性強と判定された系統は、その後代ではいずれのほ場でも概して発病指数の低いところに分布し、選抜の効果が認められた。また、 F_3 系統と F_4 系統の試験ほ場の違いにより抵抗性の親子相関および遺伝力にはかなりの巾がみられ、選抜は場の違いによって後代におよぼす影響の異なることが認められた。したがって、抵抗性の個体あるいは系統の選抜にあたっては、そのほ場におけるウィルス系統を十分に把握することが必要と思われる。

結 言

ダイズ矮化病は、現在、北海道および東北地方北部に分布し、発生地域はさらに広がつつある。これらの地域では本病による大豆の生育障害および収量低下の著しいことが報告されている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁶⁾。

また、本病はジャイモヒゲナガアブラムシ (*Aulacorthum solani* KALTENBACH) で伝搬されるウィルス病であり、殺虫剤施用によってアブラムシの寄生を抑えウィルスの伝搬をかなり防ぐことは可能であるが、有翅保毒虫による感染の防止は

困難とされている⁶⁾。このような状況下で、本病に対する抵抗性品種の育成が切望されている。

本病に対する発病の品種間差異については前報⁷⁾で報告したように、現在までのところ完全な抵抗性品種は見いだされていない。しかし、発病率や発病度には明らかに品種間差異がみられ、「黄宝珠」「Adams」「Peking」などの品種が比較的抵抗性と認められた。

北海道立中央農業試験場においては、本病に対しより強い抵抗性を有する品種の探索を行なうとともに、上記の抵抗性品種を用いて育種をすすめている²⁾。ここでは、そのうちの1組合せの雑種世代 F_3 , F_4 について自然感染および人工接種による発病率、発病指数から抵抗性系統の出現状況、選抜の効果などについて検討した。

この試験実施にあたり、ウィルス保毒ジャガイモヒゲナガアブラムシの提供をいただくととも

1977年6月27日受理

* 本報の一部は第50回日本育種学会講演会(1976年9月)で発表した。

** 北海道立中央農業試験場、夕張郡長沼町

に、有益な助言をいただいた北海道立中央農業試験場病虫部病理科玉田哲男博士に厚く謝意を表する。

試験方法

1972年に「ユウヅル」と「Adams」の人工交配を行ない、 F_1 はアブラムシ防除ほ場で採種し、 F_2 は無防除ほ場で集団栽培した。 F_2 集団の中から本病の無発病個体を選抜して1975年に F_3 の供試材料とした。両親の本病に対する反応は表 1 に示すように「ユウヅル」は感受性品種であり、「Adams」は比較的抵抗性品種である²⁾。 F_3 , 66系統は農試自然ほと人工接種ほに栽培し、両ほ場の発病指数にもとずき抵抗性の判定を強・中・弱の3群に分類し、それぞれ10, 8, 4系統から各2個体を選び、1976年に F_4 系統群 (22系統群, 44系統) とした。 F_4 は F_3 と同様に農試自然ほと人工接種ほに栽培したほか、伊達市の自然ほ場でも栽培した。 F_3 , F_4 系統ともその種子を各ほ場に分割し、1系統20個体、1区1.2m²、栽植密度は60cm×10cm、1個体植として2反復で実施した。3ほ場の条件

は次のとおりである。

農試自然ほ：ダイズ矮化病の発病が中程度である中央農試ほ場にアブラムシ無防除で栽培。

伊達自然ほ：本病の発病がきわめて高い北海道伊達市のほ場 (1976年よりダイズ矮化病現地選抜試験の実施ほ場) にアブラムシ無防除で栽培。

人工接種ほ：農試自然ほに隣接して寒冷紗 (高さ1m) で隔離ほ場をつくり、大豆の生育が第1～第2本葉期に、矮化強毒系統 (SDV-DV) のウイルスを保毒したジャガイモヒゲナガアブラムシを大豆1個体当たり3頭ずつ附着させ、4～5日後にバイジェット乳剤 (1,000倍液) を噴霧した。ウイルスの接種は F_3 , F_4 各系統とも1区20個体、2反復に行なった。

発病調査は各ほ場とも供試全個体を対象とした。発病率については8月中旬、発病指数については前報⁷⁾の基準にもとずき成熟期に調査した。発病指数は0 (健全) から4 (株全体の縮葉、矮化が顕著で莢はほとんどつかず、ついても稔実しない) までの5段階で、個体ごとに調査して各系統の平均値を求めた。

表 1 両親のダイズ矮化病に対する反応

品 種	発 病 率 ¹⁾ (%)				ウイルス系統別の病徴 ²⁾		
	1974	1975	1976	平均	矮化系統	黄化系統	両系統の混合
ユウヅル	56.7	71.8	89.9	72.8	+++	++	+++
Adams	3.5	3.5	3.2	3.4	±	+	+

注) 1) アブラムシ無防除栽培での発病率。

2) ウイルス接種による病徴の強さを示す。

試験結果

1. F_3 系統の反応

表 2 に両親と F_3 の発病率および発病指数の平均値をほ場別に示した。また、 F_3 系統の発病率、発病指数についての分散分析の結果を表 3 に示した。感受性親の「ユウヅル」の発病率は両ほ場とも高く、抵抗性親の「Adams」は農試自然ほではきわめて低いが、人工接種ほでは「ユウヅル」と同程度の高い発病率であった。これに対して F_3 系統の平均発病率は、農試自然ほでは57.6%と両親のほば中間に位置し、表 3 に示すように系統間には明らかな差が認められた。しかし、人工接種ほではいずれの系統も一様に高い発病率を示し、系統間差異は認められなかった。

つぎに、発病指数については、両ほ場とも「Adams」および F_3 系統平均値は「ユウヅル」に比して有意に低く、 F_3 系統間にも有意差が認められた (表 3)。また、農試自然ほと人工接種ほにおける発病指数の系統間相関は有意な正の相関 ($r =$

表 2 両親および F_3 の発病率と発病指数

	発病率 (%)		発 病 指 数	
	農 試 自然ほ	人 工 接種ほ	農 試 自然ほ	人 工 接種ほ
ユウヅル	92.4	95.3	2.39	3.46
Adams	4.7	87.1	0.07	1.26
F_3 (66系統平均)	57.6	85.9	1.13	1.97
F_3 (5%)	42.9	16.6	0.91	0.70
L. S. D (1%)	65.3	27.9	1.21	0.93

0.364**, n=66) が得られた。さらに発病率と発病指数との間には同一ほ場では高い正の相関 (農試自然ほ: $r=0.848^{**}$, 人工接種ほ: $r=0.603^{**}$) が認められたが, 農試自然ほと人工接種ほとの間では有意な関係は認められなかった。

発病指数別の F_3 系統の分布を示すと表 4 のようになる。 F_3 系統は両ほ場とも両親の間に連続して正規分布に近い分布を示し, 「Adams」(抵抗性

表 3 F_3 における発病率と発病指数の分散分析 (平均平方) 表

要因	自由度	発病率($\sin^{-1}\sqrt{\%}$ 変換)		発病指数	
		農試自然ほ	人工接種ほ	農試自然ほ	人工接種ほ
反復	1	3,000**	18	0.469	1.220**
系統	65	446**	168	0.402**	0.370**
誤差	65	216	131	0.212	0.128

表 4 F_3 系統の発病指数別系統数

試験ほ場	発 病 指 数						
	0~0.50	0.51~1.00	1.01~1.50	1.51~2.00	2.01~2.50	2.51~3.00	3.01~3.50
農試自然ほ	(♂) 6	20	25	14	1(♀)		
人工接種ほ			(♂) 7	31	19	9	(♀)
							1.13
							1.97

注) ♂は「Adams」, ♀は「ユウヅル」を示す。

親) 程度の低い発病指数を示す系統が約10%あった。

これら F_3 系統について, 農試自然ほおよび人工接種ほの発病指数が, それぞれ0.75および1.75以下の系統を抵抗性強, 1.50および2.50以上のものを弱, この両者の中間のものを中と類別して後代検定に供試した。

2. F_4 系統の反応

表 5 には農試自然ほ, 伊達自然ほ, 人工接種ほの3ほ場における発病状況を示した。試験ほ場別の発病率および発病指数は農試自然ほがもっとも低く, ついで伊達自然ほ, 人工接種ほの順に高かった。ゲイズ矮化病に対する F_4 系統平均の抵抗性は, F_3 と同様「ユウヅル」よりも強く, 「Adams」よりも弱い反応を示し, この傾向は3ほ場に共通していた。

なお, 植物体にあらわれる病徴はほ場によって多少異なることが観察された。すなわち, 農試自然ほでは矮化症状のほかに黄化症状もみられた

が, その病徴は比較的軽いものが多かった。伊達自然ほでは矮化および黄化の両症状が認められ, その病徴は農試自然ほに比べはげしかった。また人工接種ほでは矮化症状が顕著にあらわれ, 黄化症状はみられなかった。

表 6 には3ほ場を含めた F_4 系統の発病指数についての分散分析表を示した。分散分析の結果, 系統間およびほ場間には1%水準で有意差が認められ, さらに「系統×ほ場」にも有意差が認められた。また, 表 7 に示すようにほ場間の相関をみると, 農試自然ほと他の2ほ場との間には1%もしくは5%水準で有意であるが, 伊達自然ほと人工接種ほとの間には有意な関係が認められなかった。

つぎに, F_3 系統の抵抗性の評価と発病指数別 F_4 系統数との関係を試験ほ場別に示したのが表 8 である。 F_3 で抵抗性強と判定された系統は後代の F_4 でも発病指数の低いところに分布し, 弱と判定されたものは高い方に分布する傾向がみられた。

表 5 両親および F_4 の各ほ場における発病率と発病指数

	発 病 率 (%)			発 病 指 数		
	農試自然ほ	伊達自然ほ	人工接種ほ	農試自然ほ	伊達自然ほ	人工接種ほ
ユウヅル	69.3	97.1	87.0	1.85	3.02	3.79
Adams	12.0	15.1	86.0	0.19	0.58	1.83
F_4 (44系統平均)	50.5	68.6	90.8	1.15	1.82	2.62
(5%)	13.7	10.3	10.1	0.91	0.78	0.79
L. S. D (1%)	23.5	18.1	17.5	1.22	1.05	1.06

表 6 F_4 における発病指数の分散分析表

要 因	自由度	平均平方
ブ ロ ッ ク	3	5.591**
系 統	43	0.783**
ほ 場	2	46.777**
系統×ほ場	86	0.303**
誤 差	129	0.158

表 7 F_4 における発病指数のほ場間の相関

	伊達自然ほ	人工接種ほ
農試自然ほ	0.376**	0.301*
伊達自然ほ	——	0.269

また、 F_3 で抵抗性中と判定された系統は F_4 でもおよそ中間に分布するが、伊達自然ほでは他のほ場に比べその分布巾がかなり広がった。

3. 抵抗性の親子相関と遺伝力

F_3 系統および F_4 系統群平均の発病指数から本病に対する抵抗性の親子相関および遺伝力を推定した。その結果は表9に示すとおりである。抵抗性の親子相関についてみると、 F_3 — F_4 が同じようなほ場条件に栽培した場合には正の有意な相関が認められた。すなわち F_3 農試自然ほと F_4 農試自然ほおよび F_4 伊達自然ほ、 F_3 人工接種ほと F_4 人工接種ほでは相関係数がそれぞれ 1%水準で有意であった。中でも 2 世代にわたり同じウイルスを接種した場合には $r=0.656^{***}$ とかなり高い相関が認められた。一方、世代間では場条件が異

なる場合には相関がやや低くかった。

F_3 と F_4 の栽培年次は異なるが、親子回帰 (F_3 系統と F_4 系統群) から推定した抵抗性の遺伝力は、親子相関と同様、ほ場の違いによって差がみられた。

考 察

本試験は、ダイズ矮化病に感受性の「ユウゾル」と比較的抵抗性の「Adams」を交配親とした後代系統 F_3 、 F_4 を供試して、抵抗性に対する選抜の可能性および選抜ほ場の差異について検討した。

F_3 系統の発病率は、農試自然ほでは系統間に差が認められるが、人工接種ほでは全体に高く系統間差が認められなかった。これに対し、発病指数の系統間差は両ほ場で有意に認められた。また、自然ほと接種ほの発病指数の相関は 1%水準で有意であった。発病指数の利用については前報⁷⁾でも述べているが、本試験の系統選抜においても抵抗性の判定基準として有効であった。

発病指数別の F_3 系統の分布は、農試自然ほおよび人工接種ほともに正規分布に近似した連続的なものであった。また、 F_3 で抵抗性強と判定された系統は、後代の F_4 でも概して低い発病指数を示した(表8)。これらのことから抵抗性を有する系統の選抜は可能であり、選抜の効果が期待できるものと思われる。

本病には矮化系統と黄化系統のウイルスがあり、両系統の病徴には差が認められている⁵⁾⁶⁾。また、大豆品種の反応はウイルス系統によって異な

表 8 F_3 における抵抗性評価と発病指数別 F_4 の系統数との関係

試験ほ場	F_3 の抵抗性 評 価	発 病 指 数								平 均
		0 ~ 0.50	0.51 ~ 1.00	1.01 ~ 1.50	1.51 ~ 2.00	2.01 ~ 2.50	2.51 ~ 3.00	3.01 ~ 3.50	3.51 ~ 4.00	
農試自然ほ	強 (20) ¹⁾	5 ²⁾	7	6	2					0.92
	中 (16)	(5)	5	8	2(半)	1				1.24
	弱 (8)			4	3	1				1.56
伊達自然ほ	強			7	11	2				1.61
	中		(5) 1	3	5	5	2	(半)		1.81
	弱				3	1	3	1		2.36
人工接種ほ	強			2	10	7	1			2.43
	中			(5) 1	5	7	3		(半)	2.65
	弱					2	2	2	2	3.06

注) 1) 群別の供試系統数
2) F_4 の該当系統数

表9 抵抗性の親子相関と遺伝力

項 目	F ₃ \ F ₄	農試自然ほ	伊達自然ほ	人工接種ほ
相 関 係 数	農試自然ほ	0.548**	0.586**	0.437*
	人工接種ほ	0.389	0.318	0.656***
遺 伝 力(%)	農試自然ほ	44.5	56.2	40.8
	人工接種ほ	26.3	24.4	44.3

注) 遺伝力は $\frac{WF_3\text{系統} \cdot F_4\text{系統群}}{VF_3\text{系統}}$ により推定した。

る場合のあることが報告されている²⁾⁷⁾。本試験では、人工接種ほは2ヶ年とも矮化系統のウィルスを用いたので矮化症状のみが認められた。一方、本病の発病を自然感染にしたがった農試および伊達自然ほでは、植物体の病徴が矮化症状のほかに黄化および縮葉症状もみられたことから両ウィルスが関与したものと考えられる。

F₄系統の発病指数について3ほ場を含めた分散分析の結果(表6)、「系統×ほ場」に有意差が認められた。また、ほ場間の相関では農試自然ほと伊達自然ほとの間には1%水準で有意な関係が認められたが、伊達自然ほと人工接種ほとの間には有意な関係が認められなかった。これらのことはF₄系統の発病傾向がほ場条件の違いによって変動することを示すものと思われるが、その理由としては関与したウィルス系統がほ場によって異なっていたためと推察される。

本病に対する抵抗性の親子相関は、F₃およびF₄系統を同じほ場条件で栽培した場合にはかなり高い正の関係が認められたが、F₃とF₄を異なるほ場条件で栽培した場合にはかならずしも有意な関係が得られなかった。また遺伝力についても親子相関と同様、ほ場間で異なっていた。このことは試験ほ場の違いすなわち関与したウィルスの違いによって抵抗性の反応に差が生ずることを示すものと思われる。したがって自然ほ場で抵抗性検定を行なうには、そのほ場におけるウィルス系統を十分に把握する必要がある。また今後抵抗性育種をすすめる上で、大豆品種のウィルス系統反応について明らかにしておくことが必要と思われる。

引用文献

- 1) 千葉一美, 諏訪隆之, “ダイズ矮化病による大豆の生育および収量について”, 北農, **37** (11), 10-20 (1970).
- 2) 北海道立中央農業試験場編, “大豆育種指定試験成績書”, 1970-1976.
- 3) 香川寛, 邦須曠正, 佐藤久六, 柳田雅芳, “ダイズ矮化病の発生と減収実態”, 東北農業研究, **16**, 112-115 (1975).
- 4) 木幡寿夫, “大豆「白鶴の子」にみられる萎縮状生育異常障害について”, 北農, **35** (12), 30-43 (1968).
- 5) 玉田哲男, “ダイズ魏化ウィルスの系統”, 日植病報, **39**, 27-36 (1973).
- 6) ———, “ダイズ矮化病に関する研究”, 1975, 144 p. (北海道立農業試験場報告第25号).
- 7) 谷村吉光, 玉田哲夫, “ダイズ矮化病抵抗性の育種的研究, I. 抵抗性の品種間差異”, 道農試集報, **35**, 8-17 (1976).

Breeding for Resistance to Soybean Dwarf Disease

2. Resistance of early hybrid generations to disease

Isao MATSUKAWA* Yoshimitsu TANIMURA* Yoshio MORI*
and Toshimitsu USHIROGI*

Summary

To clarify the effects of line selection on the soybean dwarf disease, the degree of infection was investigated by the use of F_3 and F_4 generations derived from the cross of the susceptible variety 'Yuzuru' and the relatively resistant variety 'Adams'. The materials were examined by natural infection and artificial inoculation in the field at Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, and in the heavily infested field at Date in Hokkaido.

For the evaluation of resistance to the soybean dwarf disease, the infected rate was found not a suitable criterion because almost all the F_3 lines were infected in the inoculation field, while the disease index (graded into 0 to 4 on the basis of symptom intensity) was found to be an effectual criterion for the line selection in both fields.

The distribution of the F_3 lines based on the disease index was similar to the normal distribution, whereby it was possible to screen relatively resistant lines. Those lines screened as resistant in F_3 showed generally a low disease index in F_4 , and the effect of selection was found in the later generations.

The F_3 - F_4 parent-offspring correlation and heritability of the disease index seemed to be relatively low; hence, it may be better to refrain from the intense selection for this property in the earlier hybrid generations.

The tendency of infection in the F_3 and F_4 lines differed between the natural field which had been infected with both the virus strains, dwarf and yellowing, and the inoculation field which had been inoculated with the dwarf strain only. Therefore, the selection of the plants and lines resistant to the disease necessitates a consideration about the situation in which either or both of the virus strains occur in the field.

*Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.