

マツ材線虫病抵抗性個体選抜における選抜効果と選抜効果 予測の手法

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	明石, 孝輝 糟谷, 重夫 北村, 系子
巻/号	73巻1号
掲載ページ	p. 46-49
発行年月	1991年1月

短 報

マツ材線虫病抵抗性個体選抜における選抜効果と
選抜効果予測の手法*

明石孝輝**・糟谷重夫***・北村系子**・金指あや子**

I. はじめに

マツ材線虫病抵抗性の育種事業は、抵抗性個体を選抜し、そのツギキ苗に人工接種して抵抗性を確認し、採種園を造成している。現実の被害は高樹齢で発生しやすいので、東京大学附属千葉演習林では、被害林分の残存個体に直接、人工接種する方が、より有効な選抜ができると考え事業を進行させている(2, 3)。そして、それら選抜個体のツギキクローンと、実生家系に対して人工接種を行い選抜効果の確認を試みた。しかし枯損数が少なく、選抜効果を明らかに認めることはできなかった(4)。今回、これら個体の家系と、対照として精英樹家系に人工接種して比較した結果、選抜効果を確認できた。また、対照として用いた精英樹家系に人工接種して得たデータの分析から、選抜効果を精度よく推定できた。この事例の枯損率のような計数データで得られる形質について、遺伝率を求め選抜効果を推定した例は林木ではみられないので報告する。

II. 材料および方法

抵抗性個体はすべてアカマツであり、選抜に関することは糟谷ら(2, 3)によって報告された。本試験に用いた抵抗性個体の家系は1985年秋、各母樹の自然受粉種子から育成した。対照としてアカマツ精英樹家系を用いた。その理由は、アカマツの精英樹選抜がマツ材線虫病被害の生じる以前に行われたので対照となると考えたためである。これらは同年に関東林木育種場樹木園の精英樹クローンの自然受粉種子から育成した22家系と、同年に千葉県の外野採種園の精英樹クローンの自然受粉種子から育成した4家系である。なお対照としては、抵抗性個体の所在地に近い千葉県の採種園産が、関東林木育種場樹木園産よりも適合する。しかし、千葉県採種園産は前述のとおり家系数が少なかった。そのため遺伝率等の推定のための材料としては

関東林木育種場樹木園産の中で、千葉県およびその周辺産の精英樹の家系を選択して用いた。各家系の育苗は種子のまきつけを1986年春に森林総研の苗畑で行い、さらに1年経過後の1987年春に床替えを行った。床替えは2反復を設け、各家系2個の枯損率が得られるように計画した。1989年夏に九州林木育種場より、マツ材線虫の提供を受け接種試験を行った。マツ材線虫とその接種に関しては以下のとおりである。

マツ材線虫は九州林木育種場で育成された「島原」(7)であり、1個体あたり、0.1 cc (10,000頭)を接種した。接種の方法は、当年伸長部分の5 cmを残し切断し、その部分を挟みつけ、割れ目を生じさせてマツ材線虫液を吸収させた。接種は1989年7月31日に行い枯損調査は、各家系の枯損が完全に終了したと観察された1990年1月22日に行った。

III. 結 果

反復ごと家系別の枯損数と生存数を表-1に示した。家系別の2個の枯損率について平均値を求め、高い順序で図-1に示した。抵抗性個体家系の枯損率は1家系を除き低い値であり、その平均枯損率22.2%は、関東林木育種場産の平均値44.2%より22%、千葉県産の平均値40.7%より約18.5%低い値であった。プロットごとの枯損率を逆正弦変換して分散分析した結果、抵抗性と非抵抗性の差は統計的に有意であった(表-2)。なお、この抵抗性と非抵抗性の枯損率の差は実現された選抜効果である。

関東林木育種場樹木園産の精英樹家系のデータをマツ材線虫に対し無選抜の無作為交配集団からのデータと仮定し、その中から抵抗性を選抜した場合の選抜効果を推定した。

計数データの遺伝率は、一般に枯死個体に1を与え、生存した個体に0を与えて求める方法が紹介されている(10)。この方法を応用した本試験における遺伝率等

* Takateru AKASI, Shigeo KASUYA, Keiko KITAMURA, and Ayako KANAZASHI: Selection effectiveness of resistance to the pine-wilt disease and a method of estimating it

** 森林総合研究所 For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305

*** 東京大学附属千葉演習林 Tokyo Univ. For. in Chiba, Amatsu-kominato, Chiba 299-55

表-1. 家系名と反復ごとの家系別データ

家系名	反復 1			反復 2		
	枯損数	生存数	枯損率	枯損数	生存数	枯損率
生浜 2	31	28	52.5	38	27	58.5
生浜 4	16	34	32.0	29	31	48.3
小倉 1	31	26	54.4	32	26	55.2
椎名 2	15	44	25.4	19	36	34.5
稲敷 1	29	30	49.2	21	35	37.5
笠間 10	16	43	27.1	29	30	49.2
笠間 104	16	36	30.8	23	36	39.0
笠間 105	23	33	41.1	32	30	51.6
笠間 107	27	32	45.8	22	38	36.7
筑波 1	26	32	44.8	25	33	43.1
真壁 1	12	44	21.4	24	41	36.9
那珂 1	11	37	22.9	14	43	24.6
那珂 7	29	24	54.7	32	26	55.2
那珂 10	19	31	38.0	33	23	58.9
那珂 14	15	44	25.4	28	29	49.1
那珂 20	35	21	62.5	39	18	68.4
那珂 21	23	31	42.6	21	41	33.9
那珂 23	19	32	37.3	22	38	36.7
那珂 40	32	29	52.5	25	29	46.3
久慈 2	34	26	56.7	45	23	66.2
大栄 1	28	28	50.0	26	34	43.3
多賀 1	27	33	45.0	33	24	57.9
生浜 1*	29	28	50.9	29	27	51.8
生浜 4*	28	28	50.0	8	34	19.0
小倉 1*	24	27	47.1	30	27	52.6
椎名 2*	19	34	35.8	11	48	18.6
1号**	23	31	42.6	22	29	43.1
3号**	3	34	8.1	15	38	28.3
4号**	8	46	14.8	13	34	27.7
7号**	8	11	42.1	1	12	7.7
11号**	11	45	19.6	15	41	26.8
13号**	2	35	5.4	4	28	12.5
14号**	18	31	36.7	4	42	8.7
23号**	6	23	20.7	8	51	13.6
29号**	12	42	22.2	6	25	19.4

注) *は千葉県産家系, **は抵抗性家系。

の計算手順は以下のとおりである。

プロットごとのデータ数が異なるので、いわゆる「副次級内測定値数が異なる 2 重分類データ」であり、一般の乱塊法の分散分析を行うことはできない。不足データを最小 2 乗法により補正し分散分析する方法の農林センターのライブラリー(5)を用いて分析した。

分散分析の結果は表-3 のとおりであり、反復と家系が有意であり、プロット間分散は認められなかった。そこで、プロットとプロット内個体をこみにして誤差とした。この平均平方は誤差分散 (σ_e^2) であり、家系間分散 (σ_b^2) は、表-3 の平均平方の期待成分に基づき算出した。なお、算出に用いた家系ごととデータ数代表値に

表-2. 抵抗性個体家系群と対象家系群間差を検定するための分散分析表

要因	自由度	平方和	平均平方	F
反復	1	12.426	12.426	0.286
群間	1	2601.245	2601.245	32.982**
群内家系	33	2602.653	78.868	1.813*
誤差	34	1479.026	43.501	
全体	69	6695.350		

注) * 有意水準 5% で差あり, ** 有意水準 1% で差あり。

表-3. 精英樹家系についての分散分析表

要因	自由度	平方和	平均平方	F	平均平方の期待成分
反復	1	1.8413	1.8413	7.746**	
家系	21	27.0886	1.2899	5.426**	$\sigma_b^2 + k_0\sigma_e^2$
プロット	21	6.6699	0.3176	(1.340)	
誤差	2491	590.3496	0.2370		
こみにした誤差	2512	597.0195	0.2377		σ_e^2
全体	2534	625.9495			

注) ** 有意水準 1% で差あり。

σ_b^2 , 誤差個体分散 (0.237); k_0 , 家系ごととデータ数代表値 $k_0 = \{1/(c-1)\} \{n_{..} - \sum(\sum n_{ij}^2/n_{.j})\} = 115.21$; n_{ij} , i 反復 j 家系のデータ数; c , 家系数; σ_e^2 , 家系間分散 (0.0091)。

ついては表-3 の下に示した。

家系間分散の 4 倍が相加的遺伝分散に相当する。したがって、この 4 倍値を分子とし、分母に家系間分散 (σ_b^2) と誤差分散 (σ_e^2) の合計をとり次のように遺伝率 (h^2) 0.145 を求めた。なお反復については、マクロな変動として計算に用いなかった。

$$\begin{aligned}
 h^2 &= 4\sigma_b^2 / (\sigma_b^2 + \sigma_e^2) \\
 &= 4 \times 0.0091 / (0.0091 + 0.2377) \\
 &= 0.145
 \end{aligned}$$

この遺伝率と、選抜対象集団の標準偏差、および選抜強度に相当する標準選抜差の 3 者の積として選抜効果の推定値を求めた。選抜対象集団の標準偏差は家系間分散と誤差分散の合計 ($\sigma_t^2 = \sigma_b^2 + \sigma_e^2$) の平方根を用いた。選抜強度は、接種直前に生じたマツ材線虫被害による枯損率が 90% であり、残り 10% に対し接種し、10% の個体を選抜したので 1% とした。この値の標準選抜差 (i) を求め用いた。以上、3 者の積として次のように 19.2% を得た。

$$\Delta_c = i \times \sigma_t \times h^2 = 2.665 \times 0.497 \times 0.145 = 0.192$$

この値は前述した実現された選抜効果 22% と 18.5% に近似した。

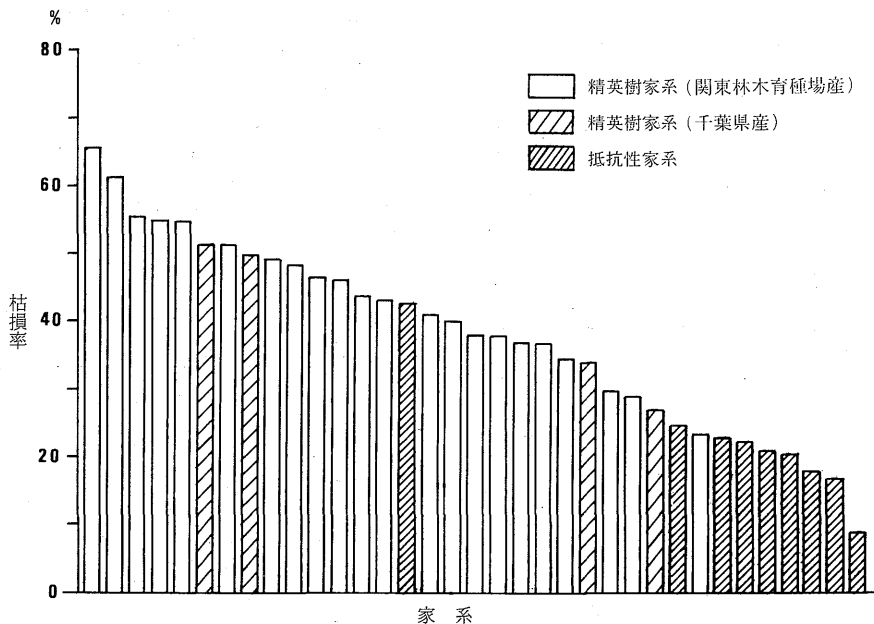


図-1. 精英樹家系と抵抗性家系の枯損率

IV. 考 察

本報告は、材線虫病被害を受け残存した各母樹に、さらに直接人工接種して得た材料について選抜効果を確認できたこと、諸被害で得られるような係数データについて選抜効果が量的形質と同様の手法により推定できたことについての情報である。

選抜効果については前述したように本試験に用いた抵抗性個体の選抜効果についてすでに報告されている。しかし、データ数の不足や(4)、枯損率の低かったこともあり明確でなかった。今回の試験により明瞭に選抜効果22%と18.5%を確認した。被害林分と非被害林分の抵抗性の差を認めたことについて戸田・藤本(9)も報告しているが、本試験でより明瞭な選抜効果が得られたことは、被害林分の残存個体に、さらに接種を行い選抜したことによるものと考えられる。なお、精英樹家系間の抵抗性の差異は、藤本ら(1)や戸田ら(8)も認めているが本試験でさらに確認した。

実現された選抜効果は岡田(6)が40%を得ており、本試験の結果の22%より高い値である。しかし、枯損率はマツ材線虫の種類や(7)、その他の環境条件によって異なるので、一致性についての意味は少ない。

計数データにおいて、実現された選抜効果が未選抜である精英樹家系の家系分析により推定できたことについて考察する。

遺伝率そのものは、全分散に対する遺伝分散の割合であり、正規分布と全く関係がないので、1, 0のデータを用いても不都合はない。選抜効果の算出において用いられる選抜強度に相当する標準選抜差は、正規分布を仮定しているので、1, 0のデータの場合の適用が疑問視される。しかし、選抜対象集団の各母樹が家系内個体を、遺伝的特性と線虫病被害の環境条件の中で、いろいろの頻度で1, 0のデータとして保有していると考えれば正規分布に近似できる。また、選抜に当たっても、数値にすれば0のデータの個体を選んだのであるが、生存率が1%となった個体を選抜したとすれば、潜在的に前述の正規分布の片端の部分の1%の抵抗性個体が選抜されたと考えることができる。なお、1, 0データによる遺伝率については、前述したように山田(10)が紹介しているが、選抜効果についての具体的な例は示されていない。1年生作物では選抜効果は推定するまでもなく、ただちに実現されるので推定の選抜効果の持つ意味は少ない。一方、生育期間の長い林木育種では選抜効果の推定は重要である。したがって、病虫害や気象被害等で、母樹家系別等でデータが得られれば、その抵抗性育種の選抜効果が予測できるので、諸被害等の抵抗性育種の事業実行上に寄与するものと考えられる。

本試験の実行にあたり九州林木育種場主任研究官戸

田忠雄氏にはマツ材線虫の提供や、接種法等についてご指導いただいた。また関東林木育種場主任研究官大谷賢二氏と千葉県林試育林研究室の方々に種子の提供を受けた。また、茨城県林試岸 洋一博士と森林総研線虫研究室の方々には種々ご指導いただいた。各位に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- (1) 藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・田島正啓：抵抗性候補木みしょう家系等のマツノザイセンチュウ抵抗性。日林九支論 34：77～78，1981
- (2) 糟谷重夫・岸 洋一・佐倉詔夫・石原 猛・成瀬善高：東大千葉演習林におけるマツノザイセンチュウ抵抗性母樹に対する接種試験(予報)。日林関東支論 31：31，1979
- (3) ———・金光桂二・佐倉詔夫・石原 猛・岸 洋一：ザイセンチュウに対して抵抗性を持つアカマツ，クロマツの選抜—天然生マツへの3年間の接種と生育状況—。日林関東支論 34：149～150，1982
- (4) ———・佐倉詔夫・粕谷伊佐義・川名一夫・岸 洋一：抵抗性選抜アカマツと，テーダマツ，和華松などの苗に対するマツノザイセンチュウ接種試験。日林関東支論 39：179～180，1987
- (5) 西田 朗：副次級内測定値数が不揃いな二重分類データの解析—交互作用は無視出来る場合—。農林研究計算センター報告A 第4号：45～61，1969
- (6) 岡田 滋：アカマツ（マツノザイセンチュウ抵抗性候補木）自然受粉種子家系のマツノザイセンチュウ抵抗性。98回日林論：259～260，1987
- (7) 戸田忠雄・坂本和子・一丸喜八郎：アカマツ，クロマツ精英樹家系に対するマツノザイセンチュウ20系統の加害性。日林九支論 32：203～204，1979
- (8) ———・西村慶二・藤本吉幸：アカマツ，クロマツ精英樹家系のマツノザイセンチュウ抵抗性。日林九支論 33：207～208，1980
- (9) ———・藤本吉幸：キリシママツのマツノザイセンチュウ抵抗性。98回日林論：261～262，1987
- (10) 山田行雄：量的形質の遺伝学。遺伝 129：73～79，1975

(1990年5月9日受理)