Yuji HAMACHI, Masahiko FURUSHO and Tomohiko YOSHIDA : Heritability
of Wet Endurance in Malting Barley (English summary on p. 202)

ビールオオムギの耐湿性の遺伝率

浜地勇次・古庄雅彦・吉田智彦

(福岡県農業総合試験場, 福岡県筑紫野市, 〒 818)

ビールオオムギの耐湿性を高める目的で, 耐湿性の異なる品種間の交配を行い, その F_1 と F_2 の耐湿性および雑種初期世代での耐湿性の遺伝率を推定し, 選抜効果を検討した. 耐湿性の検定は節間伸長期に過湿処理を行い, 葉枯程度を指標形質とした. 葉枯程度は対照区を設定しなくても大まかな判定ができ, 過湿処理が比較的簡単であった. 過湿処理による葉枯程度は, 過湿処理による1株子実重と稈長の被害程度と相関が認められたことから, 葉枯程度は多数の系統を扱わなければならない雑種初期世代における耐湿性の指標形質として使用可能であると考えられた. 葉枯程度を指標とした F_1 の耐湿性にはヘテロシスがみられた. また, F_2 集団の葉枯程度の分布は連続的変異を示し, 耐湿性はポリジーンによって発現されることが推察された. $F_2 \rightarrow F_3$ および $F_4 \rightarrow F_5$ の選抜試験から推定した葉枯程度の遺伝率は0.07~0.28であった. 選抜次代の上位と下位の系統群の葉枯程度の平均値についてt検定を行った結果, 3組合せのうち2組合せは1%水準で有意差が認められた. 以上の結果から, 高耐湿性品種との交配および雑種初期世代における選抜によって, ビールオオムギ品種の耐湿性を高めることが可能であると考えられた.

KEY WORDS : *Hordeum vulgare* L., wet endurance, malting barley, heritability, heterosis, selection.

緒 言

暖地のビールオオムギは収量の年次間変動が大きく, 作柄が不安定であるが, この原因の一つとして湿害があげられる. このため, 暖地のビールオオムギの生産力を高めるためには, 湿害を回避できるような排水対策等の栽培管理を行うことが必要であるが, その一方で耐湿性品種を育成することも重要である.

オオムギの耐湿性に関する研究は古くから行われ, そのなかで耐湿性に品種間差異があること(池田ら 1955, 桐山ら 1956, 佐々木 1984, SUH 1971, 時政 1952, 山崎 1952), オオムギはコムギと比較して耐湿性が一般に劣ること(池田ら 1955, 桐山ら 1956, 山崎 1952), 暖地のビールオオムギ品種はオオムギのなかでも耐湿性が低いこと(浜地ら 1985)等が知られている. しかし, 交配によってムギ類の耐湿性の変異拡大を図り, 耐湿性品種の育成を試みた報告例はなく, 耐湿性の遺伝や選抜効果についても佐々木 (1982) がオオムギで F_1 とその両親の耐湿性を比較したのみである.

圃場の湛水処理試験において, オオムギの耐湿性の強弱を判定する指標形質としては葉枯程度(SUH 1971), 稈長(池田ら 1954, 佐々木 1984), 子実重(桐山ら 1956, 時政 1952)および稈実歩合(佐々木 1984)等があげられるが, 雑種初期世代の耐湿性の選抜形質については佐々木 (1984) の稈実歩合の報告のみである. 雑種初期世代の耐湿性の選抜は多数の系統を扱わなければならないため, 簡易に判定できることが望ましい. しかし, 稈長と子実重を耐湿性の指標とすると, 対照区と処理区を設定して過湿処理による被害程度を推定しなければならないこと, 稈実歩合は年

次間の変動が大きく、過湿処理を制御しにくいこと（佐々木 1984）等の問題点がある。この点、葉枯程度は湛水処理の期間中に観察できるために過湿処理の強さや期間を調節することが可能であり、しかも無被害のものはすべて葉枯程度が‘無’で一定であると仮定して、対照区を設定しなくても過湿処理による被害程度を大まかに推定できる。

そこで、著者らは暖地のビールオオムギの耐湿性を高める目的で、湿害に最も弱い時期とされている節間伸長期（池田ら 1957, 桐山ら 1975, 宮林 1949, 大谷 1948, 時政 1951）に過湿処理を行い、耐湿性交配母本の選定と雑種初期世代における耐湿性の選抜を試みた。耐湿性交配母本の選定についてはすでに報告した（浜地ら 1988）。本報告では、耐湿性の異なる品種間の交配を行い、 F_1 と F_2 の耐湿性および雑種初期世代での耐湿性の遺伝率を葉枯程度を指標形質として推定し、選抜効果を検討した。交配親は一部ビールオオムギ以外の品種（六条オオムギを含む）も比較のために供試したが、主にビールオオムギ品種を供試して、ビールオオムギの遺伝的背景のもとで本研究を行った。

材料および方法

1. 葉枯程度と他の形質との関係

試験は 1987 年（播種年度）に行い、過湿処理世代まで無選抜で養成した 4 組合せ（Table 1, 番号 11~14）に由来する 40~63 系統を供試した。播種日は、12 月 4 日であった。

栽培法は畦立で、系統栽培した。畦幅 100 cm, 条間 50 cm で 2 条に播種し、基肥として窒素成分量で 1 アールあたり 0.5 kg, 追肥は 2 月 19 日に 0.2 kg 施用した。試験区は過湿区と対照区を

Table 1. Materials used in the study of tolerance to excess soil moisture

No.	Cross combination ¹⁾		Generation	Year of experiment
	P ₁ (♀)	P ₂ (♂)		
1	Seijo No. 17 (2,c) ²⁾	Nishino Gold (2,c)	F ₁	1986
2	Amagi Nijo (2,c)	Nishino Gold		
3	Seijo No. 17	Akashinriki ³⁾ (6,n)		
4	Seijo No. 17	Minori Mugi (6,c)		
5	Minori Mugi	Akashinriki ³⁾		
6	Nishino Gold	Asahi 5 (2,c)	F ₂	1987
7	Seijo No. 17	Nishino Gold		
8	Seijo No. 17	Haruna Nijo (2,c)	F ₂ ~F ₃	1986
9	Akashinriki ³⁾	Suisho (6,c)	F ₂ ~F ₃	}
10	Seijo No. 17	Haruna Nijo	F ₄ ~F ₅	
11	Seijo No. 17	Haruna Nijo	F ₄	1987
12	Akashinriki ³⁾	Suisho		
13	Akashinriki ⁴⁾	Suisho		
14	Seijo No. 17	Haruna Nijo	F ₅	

1) Seijo No. 17, Akashinriki and Minori Mugi were less damaged under excess soil moisture treatment.

2) 2: Two-rowed. 6: Six-rowed. c: Covered. n: Naked.

3) Normal type.

4) Uzu-type.

設け、1系統につき1条(20 cm)に10~20粒を播種し、出芽後間引いて5個体を栽培した。1系統は1反復とした。過湿区は3月25日~4月14日の20日間畦間に湛水処理を行い、対照区は自然状態とした。葉枯程度、稈長および1株子実重の3形質を指標として耐湿性を判定した。このうち、葉枯程度は4月6日に観察によって0(無)~5(甚)を0.5単位に調査し、過湿区の葉枯程度が少ない系統を耐湿性強とした。また、稈長および1株子実重は対照区に対する過湿区の比率(対照区比)で過湿処理による被害程度をあらわし、2形質とも対照区比が大きい系統を耐湿性強とした。

2. F_1 および F_2 の耐湿性

F_1 の耐湿性についての試験は1986年に行い、5組合せ(Table 1, 番号1~5)を供試した。播種日は、12月2日であった。栽培法は畦立で、畦(畦幅150 cm)の方向に対して直角に条間15 cm, 株間10 cmに2~3粒を点播し、出芽後間引いて1本立てとした。基肥として窒素成分量で1アールあたり0.6 kg施用し、追肥は行わなかった。試験区は各組合せとも2~3反復とし、1区につき2条に20個体を栽培した。3月12日~4月3日の22日間畦間に湛水処理を行い、葉枯程度を指標として耐湿性を判定した。

F_2 の耐湿性についての試験は1987年に行い、2組合せ(Table 1, 番号6~7)を供試した。播種日は、12月4日であった。栽培法は畦立で、畦幅100 cm, 条間10 cm(中央の条のみ50 cm), 株間10 cmで4条を点播し、基肥として窒素成分量で1アールあたり0.5 kg, 追肥は2月19日に0.2 kg施用した。試験区は1組合せ25 m^2 に、1000個体を栽培した。3月25日~4月14日の20日間畦間に湛水処理を行い、葉枯程度を指標として耐湿性を判定した。葉枯程度は4月14日に、全体からランダムにとった100個体について調査した。

3. 耐湿性の遺伝率の推定

試験は1986~1987年までの2年間行い、過湿処理世代まで無選抜で養成した3組合せ(Table 1, 番号8~10)を供試した。1年目に葉枯程度を指標として耐湿性が上位と下位の個体を選抜し、2年目(翌代)の結果から耐湿性の遺伝率を推定し、選抜効果を検討した。播種日は、1年目は12月1日、2年目は12月4日であった。

栽培法は畦立で、1年目は畦幅140 cm, 条間10 cm(中央の条のみ60 cm), 株間10 cmで6条を点播し、基肥として窒素成分量で1アールあたり0.6 kg施用し、追肥は行わなかった。試験区は1組合せ45 m^2 に、1800個体を栽培した。2年目は1年目に選抜した個体を系統栽培した。畦幅100 cm, 条間50 cmで2条に播種し、基肥として窒素成分量で1アールあたり0.5 kg, 追肥は2月19日に0.2 kg施用した。試験区は1系統につき1条(20 cm)に10~20粒を播種し、出芽後間引いて5個体を栽培し、上位と下位の選抜系統を1~2系統ずつ交互に配置した。1系統は1反復とした。1年目は3月12日~4月3日の22日間、2年目は3月25日~4月14日の20日間畦間に湛水処理を行い、葉枯程度を指標として耐湿性を判定した。葉枯程度は1年目は4月6日、2年目は4月14日に調査した。

遺伝率は1年目に葉枯程度を指標として上位と下位に選抜した個体の平均値(それぞれ $\overline{M}_1$, $\overline{M}_2$), 2年目のこれらの後代系統群の平均値(それぞれ $\overline{M}'_1$, $\overline{M}'_2$)を用いて、 $(\overline{M}'_1 - \overline{M}'_2) / (\overline{M}_1 - \overline{M}_2)$ で推定した。

Table 1に示した交配母本のうち、成城17号(浜地ら1988), ミノリムギ(浜地ら1984, 佐々木1984), および赤神力(浜地ら1982)は節間伸長期の過湿処理によって、耐湿性が比較的優れ

たオオムギ品種として選定されたものである。アサヒ 5 号および水晶を除くその他の品種は、耐湿性が劣るビールオオムギ品種（浜地ら 1985, 一部未発表）である。

結果および考察

1. 葉枯程度と他の形質との関係

過湿処理世代まで無選抜で養成した 4 組合せ（番号 11-14）について、葉枯程度と稈長および 1 株子実重の相関係数を Table 2 に示した。過湿区の葉枯程度と 1 株子実重の相関係数は $-0.52 \sim -0.64$ といずれの組合せとも 1 % 水準で、葉枯程度と 1 株子実重の対照区比の相関係数は $-0.39 \sim -0.67$ と 1 組合せが 5 %, 3 組合せが 1 % 水準で有意であった。すなわち、過湿処理による葉枯程度が大きい系統ほど、過湿処理による 1 株子実重の減少率が大きく、また過湿区の 1 株子実重が小さかった。過湿区の葉枯程度と稈長の相関係数は $-0.05 \sim -0.65$, 葉枯程度と稈長の対照区比の相関係数は $-0.21 \sim -0.61$ であり、4 組合せのうち 3 組合せが 1 % 水準で有意であった。このことから、過湿処理による葉枯程度が大きい系統ほど、過湿処理による稈長の減少率が大きく、また過湿区の稈長が小さい傾向にあった。なお、過湿処理による葉枯程度と無処理である対照区の 1 株子実重および稈長との間には相関が認められなかった。

SHU (1971) は圃場試験、池田ら (1954) は土壌恒温槽による幼苗検定において、葉枯程度を耐湿性の強弱を判定する指標として用いている。葉枯程度は対照区を設定しなくても大まかな判定ができ、湛水処理の期間中に観察できるために過湿処理の強さや期間を調節することが比較的簡単である。したがって、葉枯程度は多数の系統を扱わなければならない雑種初期世代における耐湿性の指標形質として使用可能であると考えられた。

2. F_1 および F_2 の耐湿性

節間伸長期の過湿処理による F_1 と親品種の葉枯程度を Fig. 1 に示した。供試した 5 組合せの F_1 の葉枯程度は、3 組合せが両親品種より小さく、1 組合せが小さい方の親品種と同じ、1 組合せが親品種の間で、いずれの組合せとも F_1 の葉枯程度は親品種の平均値より小さかった。5 組合せの F_1 と親品種の葉枯程度の平均値を比較すると、葉枯程度は F_1 が 2.70 に対し親品種が 3.27

Table 2. Correlation coefficients between degree of dead leaf¹⁾ and culm length or grain yield per plant under excess soil moisture treatment

No.	Cross combination		Generation after cross	No. of lines	Culm length			Grain yield per plant		
	P ₁ (♀)	P ₂ (♂)			C ²⁾	T ³⁾	T/C ⁴⁾	C	T	T/C
11	Seijo No. 17	Haruna Nijo	F ₄	55	0.01	-0.45**	-0.47**	0.11	-0.52**	-0.56**
12	Akashinriki ⁵⁾	Suisho		40	0.13	-0.05	-0.21	-0.30	-0.52**	-0.39*
13	Akashinriki ⁵⁾	Suisho		63	0.05	-0.48**	-0.42**	-0.12	-0.53**	-0.42**
14	Seijo No. 17	Haruna Nijo	F ₅	46	-0.00	-0.65**	-0.61**	-0.11	-0.64**	-0.67**

¹⁾Degree of dead leaf under excess soil moisture treatment was expressed by the score 0 (most tolerant)~5 (most susceptible).

²⁾Control plot.

³⁾Excess soil moisture plot.

⁴⁾The reduction ratio estimated from (the mean value of excess soil moisture plot/ that of control plot × 100).

⁵⁾No.12: Normal type. No. 13: Uzu-type.

**, *: Significant at 0.01 and 0.05 probability level, respectively.

であり、節間伸長期の過湿処理による F_1 の葉枯程度は親品種より小さく、耐湿性が優れる傾向にあった。したがって、節間伸長期の過湿処理による葉枯程度を指標とした F_1 の耐湿性には、佐々木 (1982) が 1 株子実重を指標とした結果と同様にヘテロシスがみられた。

次に、節間伸長期の過湿処理による F_2 と親品種の葉枯程度の頻度分布を Fig. 2 に示した。供試した 2 組合せの F_2 集団の葉枯程度の分布は、Nishino Gold $\times$ Asahi 5 の F_2 の集団が 3.5 を最多値とした 2.5 から 4.5 の、Seijo No. 17 $\times$ Nishino Gold の F_2 集団が 3.0 を最多値とした 2.0 から 4.5 の範囲で連続的変異を示した。また、 F_2 と親品種の葉枯程度の平均値を比較すると、Nishino Gold $\times$ Asahi 5 の F_2 が 3.54 に対し親品種は 3.97 と 3.13 (標準偏差は各々 0.29, 0.22), Seijo No. 17 $\times$ Nishino Gold の F_2 が 3.11 に対し親品種は 2.93 と 3.83 (標準偏差は各々 0.39, 0.24) であり、2 組合せとも F_2 集団の平均値は両親品種の間にあった。

オオムギの F_2 集団について耐湿性の分布を検討した報告はこれまでにないが、本試験で過湿処理による F_2 集団の葉枯程度は一つのピークをもった連続的変異を示したことから、耐湿性はポリジーンによって発現されることが推察された。

3. 耐湿性の遺伝率

節間伸長期の過湿処理による葉枯程度を指標とした耐湿性の選抜効果を Fig. 3 に示した。葉枯程度は、3 組合せ (番号 8-10) について、1 年目に上位の個体として耐湿性程度 2 (少)、下位の個体として 4 (多) の個体を選抜した。2 年目に上位と下位の個体選抜後代系統群の葉枯程度の平均値をみると、組合せ番号順にそれぞれ番号 8 は $\overline{M}'_1 = 2.55$ と $\overline{M}'_2 = 2.88$, 番号 9 は $\overline{M}'_1 = 2.60$, $\overline{M}'_2 = 2.74$, 番号 10 は $\overline{M}'_1 = 2.63$, $\overline{M}'_2 = 3.18$ であり、3 組合せとも上位の個体選抜後代系統群の方が葉枯程度は小さく、葉枯程度を指標とした遺伝率は組合せ番号順に 0.17, 0.07, 0.28 であった。上位と下位の個体選抜後代系統群の葉枯程度の平均値について t 検定を行った結果、Akashinrinki $\times$ Suisho (番号 9) では有意差が認められなかったが、これ以外の 2 組合せでは 1% 水準で有意差が認められた。また、葉枯程度が 3 (中) 未満で、耐湿性の強い系統の割合は、上位の個体選抜後代系統群が組合せ番号順にそれぞれ 61.9%, 51.4%, 39.3% に対

Fig. 1. Degree of dead leaf in the parents and their F_1 's under excess soil moisture treatment.

$\overline{P}_1$, $\overline{P}_2$, $\overline{F}_1$: Mean value of female parent, male parent and F_1 , respectively.

Fig. 2 Frequency distributions of degree of dead leaf in the parents and their F_2 populations under excess soil moisture treatment.
M: Mean value of F_2 populations.

し、下位の個体選抜後代系統群がそれぞれ 45.2%, 40.0%, 20.0%と、いずれの組合せも耐湿性の強い系統は上位の個体選抜後代系統群の方が多かった。

$F_2 \rightarrow F_3$ と $F_4 \rightarrow F_5$ における Seijo No. 17 $\times$ Haruna Nijo の組合せについて世代間の遺伝獲得量と遺伝率をみると、遺伝獲得量は $F_2 \rightarrow F_3$ が 0.33 に対し $F_4 \rightarrow F_5$ が 0.55、遺伝率は $F_2 \rightarrow F_3$ が 0.17 に対し $F_4 \rightarrow F_5$ が 0.28 であり、葉枯程度を指標とした耐湿性の遺伝率は世代が進むにつれて高くなることがうかがわれた。

以上の結果を総合すると、葉枯程度を指標として求めた耐湿性の遺伝率は小さいものの、雑種初期世代における耐湿性の選抜効果が認められた。最近の暖地のビールオオムギ品種はオオムギのなかでも耐湿性が低いことが指摘されている（浜地ら 1985）が、高耐湿性品種との交配および雑種初期世代における選抜によって、ビールオオムギ品種の耐湿性を高めることが可能であると考えられた。

引用文献

- 浜地勇次・篠倉正住・佐々木昭博 1982. Isogenic 系統対によるオオムギ並・渦性間の耐湿性の差異. 日作九支報 49: 49-52.
- ・伊藤昌光・古庄雅彦・篠倉正住 1984. オオムギの耐湿性の品種間差異に関する研究. 第2報. 節間伸長期における耐湿性の異なる指標品種の選定. 福岡農総試研報. A4: 39-42.
- ・古庄雅彦・伊藤昌光 1985. 節間伸長期におけるビールオオムギの耐湿性. 日作九支報 52: 81-83.
- ・吉田智彦・伊藤昌光 1988. ビール大麦の耐湿性交配母本の選定. 日作紀 57: 715-721.
- 池田利良・東 駿次・川出武夫・西郷昭三郎 1954. 麦類の耐湿性に関する研究. 第1報. 麦類品種の耐湿性検定に関する研究. 東海近畿農試研報・栽培部 1: 21-26.

Fig. 3: Selection for tolerance to excess soil moisture by using the degree of dead leaf.

$\bar{M}_1$, $\bar{M}'_1$: Mean value of selected lines for higher tolerance and their progenies, respectively.

$\bar{M}_2$, $\bar{M}'_2$: Mean value of selected lines for lower tolerance and their progenies, respectively. Heritability was estimated by $(\bar{M}'_1 - \bar{M}'_2) / (\bar{M}_1 - \bar{M}_2)$.

- 1955 a. 第 2 報. 麦類における耐湿性の品種間差異. 東海近畿農試研報・栽培部 2: 11-16.
1957. 第 4 報. 麦の生育諸時期における土壌過湿の影響. 東海近畿農試研報・栽培部 4: 30-37.
- 桐山 毅・井出義人・吉富健一・小西猛朗 1956. 麦類耐湿性の品種間差異 (予報). 九州農業研究 17: 57-58.
- 田谷省三 1975. 麦類の生育時期と湿害について. 九州農業研究 37: 77-78.
- 宮林達夫 1949. 大麦の発育期と湿害. 農及園 24: 779-780.
- 大谷義夫 1948. 麦の湿害について. 農及園 23: 115-118.
- 佐々木昭博 1982. オオムギの雑種第 1 代における耐湿性. 育雑 32 (別 2): 160-161.
1984. オオムギの節間伸長期における耐湿性の品種間差異. 育雑 34: 79-86.
- SUH, H. S. 1971. Studies on the wet-injury resistance of wheat and barley varieties. I. Varietal difference of wet-injury resistance of wheat and barley. Korean J. Breeding. 3: 98-106.
- 時政文雄 1951. 麦類の湿害に関する研究. 第 1 報. 小麦の生育時期別にみたる湿害. 日作紀 20: 171-173.
1952. 第 2 報. 湿害に対する種類並に品種間差異. 日作紀 20: 266-267.
- 山崎 伝 1952. 畑作物の湿害に関する土壌化学的並に植物生理学的研究. 農技研報 B1: 1-98.

Summary

Wet endurance in F_1 hybrids and F_2 populations and the heritability in early generations in barley were estimated to improve wet endurance of malting barley.

Materials were grown under excess soil moisture treatment (irrigated condition) at the internode elongation stage. Selection character for wet endurance was degree of dead leaf expressed by the score 0 (most tolerant)~5 (most susceptible) under excess soil moisture treatment, because degree of dead leaf under excess soil moisture treatment showed significant correlation to the reduction ratios of grain yield per plant and culm length by the treatment (the mean value of excess soil moisture plot/that of control plot).

Mean damages of F_1 hybrids (5 cross combinations) under excess soil moisture treatment were less than those of their midparents, indicating the heterosis of wet endurance. Frequency distributions of the degree of dead leaf in F_2 populations under excess soil moisture treatment showed continuous variation. Therefore, wet endurance of barley seems to be due to the effect of polygene.

Heritability of wet endurance in early generations was estimated by $(\bar{M}'_1 - \bar{M}'_2) / (\bar{M}_1 - \bar{M}_2)$ where $\bar{M}_1$ and $\bar{M}'_1$ were mean value of selected lines for higher tolerance to excess soil moisture and their progenies, respectively, and $\bar{M}_2$ and $\bar{M}'_2$ were those for lower tolerance to excess soil moisture and their progenies, respectively. The heritabilities of wet endurance in three populations ($F_2 \rightarrow F_3$: 2 cross combinations, $F_4 \rightarrow F_5$: 1 cross combination) were 0.07, 0.17 and 0.28, indicating that screening for wet endurance in early generations was possible to use degree of dead leaf under excess soil moisture treatment.

Degree of dead leaf under excess soil moisture treatment was considered to be a practical index of screening for wet endurance in early generations, because it could be used for preliminary screening for wet endurance without making control plots.

Y. HAMACHI

M. FURUSHO

T. YOSHIDA

Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka, 818