

各種栽培条件下におけるビール大麦ジアスターゼ力の遺伝的安定性

吉川 亮・水田一枝・山口 修

ジアスターゼ力が高いビール大麦系統を効率よく選抜するためには、どのような栽培条件下においても、ジアスターゼ力の高低が遺伝的に安定していることが必要である。そこで、播種期、施肥量、年次及び栽培地域を変えた各種栽培条件下での、品種間におけるジアスターゼ力の高低の安定性について検討するとともに、ジアスターゼ力の遺伝力も検討した。①播種期、施肥量、年次及び栽培地域が異なっても、品種間におけるジアスターゼ力の高低は安定していた。②ジアスターゼ力の広義の遺伝力は92.3～92.4%と高かった。③以上のことから、各種栽培条件下におけるジアスターゼ力の遺伝的安定性は高く、その選抜効果は高いものと推察された。

[キーワード：ビール大麦育種，ジアスターゼ力，栽培条件，遺伝的安定性，広義の遺伝力]

Genetic Stabilities of Diastatic Power in Malting Barley under Several Cultural Conditions. YOSHIKAWA Ryo, Kazue MIZUTA and Osamu YAMAGUCHI (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 14 : 26-29 (1995)

In order to achieve an efficient selection of high diastatic power lines of malting barley, we investigated genetic stabilities of diastatic power(WK, WK/TN) under several cultural conditions. The results obtained were as follows: ①Under the all conditions; seeding time, amount of fertilizer applied, production year and production region, high and low relationship of diastatic power(WK, WK/TN) among cultivars remained stable. ②The broad heritability of diastatic power(WK) and diastatic power(WK/TN) were 92.3% and 92.4%, respectively. ③Therefore, it was concluded that genetic stabilities and selection effects of diastatic power(WK, WK/TN) were high.

[Key words : Malting barley breeding, Diastatic power, Cultural conditions, Genetic stability, Broad heritability]

緒 言

ビール大麦の麦芽品質の中では、酵素力であるジアスターゼ力がエキスと並んで最も重要な特性の一つとなっており、その値が高いことが望まれている。その理由は、わが国ではビールの原料として、主原料の麦芽、ホップの他に、副原料としてコメ、コーン、スターチを用いる場合が多く、その副原料の澱粉を糖化するのに麦芽のジアスターゼ力を利用しているためである。

ビール大麦の育種において、ジアスターゼ力の高い系統を効率よく選抜するための前提条件として、次のことを明らかにする必要がある。すなわち、ジアスターゼ力という特性が、①遺伝的変異をもっているか、②育種における選抜の場が均一な栽培条件でないことが多いため、どのような栽培条件でも品種・系統間におけるジアスターゼ力の高低が安定しているか、の2点である。前者の遺伝的変異については、筆者ら⁸⁾はすでにジアスターゼ力に大きな品種間差異があることを明らかにしている。一方、後者の栽培条件に対する安定性については、施肥量¹⁾や地理的変動⁴⁾についての個々の栽培条件を検討した報告があるが、様々な栽培条件について総合的に検討した報告はない。

そこで、播種期、施肥量、年次及び栽培地域が異なる場合の各種栽培条件下での、ビール大麦品種間におけるジアスターゼ力の高低の安定性を明らかにしたので、その概要を報告する。

試 験 方 法

1 簡易・少量製麦法によるジアスターゼ力と60g・250g製麦によるジアスターゼ力との関係

福岡農総試で栽培した1992年産の材料について、栃木

農試栃木分場に製麦・分析を依頼し、内外の41品種・系統は60g製麦、生産力検定試験の35品種・系統は250g製麦し、それぞれの材料のジアスターゼ力を分析した。なお、60g製麦は少量の材料しか得られない中期世代の系統に適用されている製麦法で、250g製麦は大量の材料が得られる生産力検定試験・生産力検定予備試験に適用されている通常の製麦法である。

また、當場でも同じ原麦材料について、次のような簡易・少量の製麦方法により製麦し、ジアスターゼ力を分析した。

製麦方法は栃木農試栃木分場方式⁷⁾に準じ、第1図に示したが、次の2点について変更した。①サンプルを入れる容器として、ステンレス製のカステンの代わりに、布製のマジックテープ付きネット袋(市販洗濯ネット袋と同じ材質のもの)を用いた。これを用いると、原麦15gの少量サンプルで200～400点という多数の材料が取り扱え、麦芽乾燥後に除根が容易に行えた。②製麦日数は10～12日間のところを8日間とした。

なお、浸麦度は42～44%とした。

ジアスターゼ力(単位: WK)(以下DPと略す)の測定法は、従来の分析法⁷⁾に準じた。単位麦芽全窒素当たりのジアスターゼ力(単位: WK/TN)(以下DP/TNと略す)は、麦芽全窒素を近赤外分光法で測定して、ジアスターゼ力÷麦芽全窒素により算出した。なお、以下で「ジアスターゼ力」と表現した場合は、DPとDP/TNの両方を含めたものを示す。

2 播種期、施肥量及び年次が異なる場合のジアスターゼ力の遺伝的安定性

(1)播種期: 1991年度(播種年度、以下同じ)に内外23品種・系統を供試し、播種期を早播(11月5日)、適期播(11月21日)及び晩播(12月5日)の3時期で

- 1 日目：原麦整粒（粒厚 2.5mm 以上）15g 秤量→布製のマジックテープ付きネット袋（12×8 cm）に入れ、更に 50 袋まとめて大きなネット袋に入れ、よく水洗→人工気象室内に設置した浸麦槽（41×31×29cm）に浸麦（1つの浸麦槽に最大 200 点処理可能）→浸麦槽の下部から空気を送る（発芽終了まで）とともに、浸麦槽上部をビニールで被覆→水浸 13℃, 21 時間
- 2 日目, 3 日目：空浸 10℃, 7 時間→水浸 13℃, 17 時間
- 4 日目：脱水・浸麦重測定（浸麦処理約 70 時間後）、浸麦度約 42～44%→水を噴霧→浸麦槽上部をビニールで被覆→10℃で発芽処理
- 5 日目：10℃で発芽処理
- 6 日目：発芽処理 48 時間後によく攪拌、水を噴霧
- 7 日目・8 日目：発芽処理 72 時間後に浸麦槽から取り出す→通風乾燥機で 40℃, 20 時間乾燥→60℃, 4 時間乾燥→80～83℃, 4.5 時間乾燥
- 9 日目以降：除根→ビニール袋に入れ換え、粉碎機で粉碎→ジアスターゼ力測定に供試

第 1 図 簡易・少量製麦方法

検討した。栽培法はドリル播の標準栽培で、1 区面積 3.5m²の 1 区制とした。そして、DP と DP/TN について播種期間の相関係数を算出した。

- (2)施肥量：1991 年度にジアスターゼ力が異なる「九州二条 11 号」と「きぬ系 16」の 2 系統を供試して、施肥量を少肥（N6 kg/10a）、標肥（N9 kg/10a）及び多肥（N12 kg/10a）の 3 水準で検討した。栽培法は畦幅 1 m、播幅 30 cm の広幅散播栽培で、1 区面積 1.6m²の 3 区制乱塊法とした。そして、DP と DP/TN について施肥量による変動を調査した。

- (3)年 次：1990～1991 年度に、主に日本品種の 10 品種・系統と主に外国品種の 77 品種の 2 つの材料を供試した。播種期は 11 月下旬の適期播、栽培法は 1990 年度が畦立標準栽培、1991 年度がドリル播標準栽培とした。そして、DP と DP/TN について年次間相関係数を算出した。

3 栽培地域が異なる場合のジアスターゼ力の遺伝的安定性

関東、中国、四国及び九州の各県農業試験場の 20 場所（福岡の指定試験地・分場合含む）における 1992 年度ビール大麦奨励品種決定調査（ビール大麦合同比較試験）の品種・系統について、DP と DP/TN の地域変動を調査した。供試材料は、ジアスターゼ力が異なる「あまぎ二条」（20 場所）、「ニシノゴールド」（7 場所）、「アサカゴールド」（16 場所）、「はるな二条」（6 場所）、「とね二条」（1 場所）、及び「九州二条 11 号」（18 場所）の 6 品種・系統である。

4 ジアスターゼ力の広義の遺伝力

1991 年度にジアスターゼ力が異なる内外の代表的な 14 品種・系統を供試して、播種期は 11 月 12 日の早播、栽培法は 2 条千鳥播による畦立標準栽培で、1 区面積 1.35m²の 3 区制乱塊法とした。

広義の遺伝力は、DP と DP/TN を含めたエキス、コールパッハ数、総合評点などの麦芽品質 8 特性と、出穂期、稈長、穂長、収量などの栽培特性 8 特性の、計 16 特性について調査した。なお、麦芽品質のうち、DP と DP/TN は当場で分析したが、その他は栃木農試栃木分場に分析を依頼した。

広義の遺伝力は分散分析による推定³⁾で行い、次式で算出した。

$$h_B^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_e^2}$$

ここで、 h_B^2 、 σ_p^2 、 σ_e^2 はそれぞれ広義の遺伝力、品種・系統の分散、誤差分散である。

結果及び考察

1 簡易・少量製麦法によるジアスターゼ力と 60g・250g 製麦によるジアスターゼ力との関係

福岡農総試（福岡）で生産された 1992 年産の同一材料を用い、福岡及び栃木農試栃木分場（栃木）のそれぞれの場所で製麦しジアスターゼ力と麦芽全窒素の測定を行った。DP と DP/TN のそれぞれについて場所間の相関係数を、第 1 表に示した。福岡 15g 製麦と栃木 60g 製麦の間では DP が 0.902、DP/TN が 0.844、福岡 15g 製麦と栃木 250g 製麦の間では DP が 0.907、DP/TN が 0.809 と、いずれも高い正の相関が認められ、しかも 1% 水準で有意であった。

この結果、福岡において 15g の少量製麦した材料についてジアスターゼ力を測定しても、ジアスターゼ力の高低を判定するのに十分なデータが得られることが明らかになった。福岡では従来選抜系統の製麦及び麦芽品質分析は全て栃木に依頼してきたが、本試験の結果から、今後は福岡で独自にジアスターゼ力の分析を行うことが可能であると考えられる。

2 播種期、施肥量及び年次が異なる場合のジアスターゼ力の遺伝的安定性

- (1)播種期：播種期を早播、適期播、晩播の 3 段階に変えた場合の、それぞれの間の相関係数を第 2 表に示した。DP ではいずれの播種期間も 0.9 前後の高い有意な正の相関が認められた。また、DP/TN においても、DP よりやや値が低くなるが、0.710～0.848 のやや高い有意な正の相関が認められた。

以上の結果、播種期が変わった場合でも、品種・系統間のジアスターゼ力の高低は比較的安定しているため、同じ播種期であればジアスターゼ力の選抜には支障がないと考えられる。

- (2)施肥量：ジアスターゼ力が異なる「九州二条 11 号」と「きぬ系 16」の 2 系統について、施肥量によるジアスターゼ力の変動を第 2 図に示した。いずれの施肥量においても 2 系統間の DP と DP/TN 値の差はあまり変わらなかった。すなわち、「九州二条 11 号」はいずれの施肥量においても、「きぬ系 16」より高い値を示した。なお、DP、DP/TN とともに、施肥量が多くなるほどその値が高くなる傾向を示した。

以上の結果、施肥量が変わっても同じ施肥水準であれば、品種間におけるジアスターゼ力の高低は安定していることが明らかになった。

- (3)年 次：第 3 表に、ジアスターゼ力の年次間相関係数を示した。DP では 0.829～0.931 という高い正の相関、また DP/TN では 0.738～0.828 というやや高い正の相関が認められ、いずれの相関も 1% 水準で有意であった。

関口ら⁶⁾は、ジアスターゼ力では 3 組合せのいずれも有意な世代間相関が認められ、F₂における選抜の有

第1表 福岡農総試の15g製麦におけるDP、DP/TNと栃木農試栃木分場の60gまたは250g製麦におけるDP、DP/TNとの相関係数(1991年度)

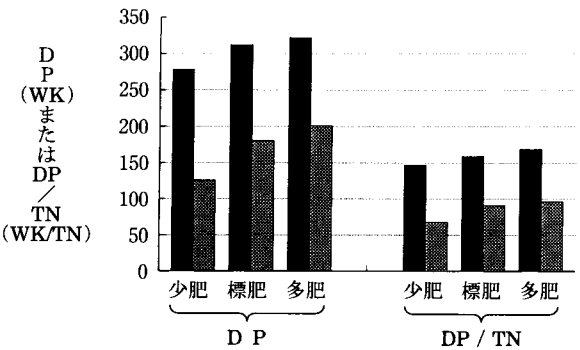
製麦場所と製麦方法	各ジラスターゼ力	栃木60g製麦 ¹⁾		栃木250g製麦 ²⁾	
		DP	DP/TN	DP	DP/TN
福岡15g製麦	DP	0.902***		0.907**	
	DP/TN		0.844**		0.809**

1)41品種・系統を供試。
2)35品種・系統を供試。
3)1%水準で有意。

第2表 DP及びDP/TNにおける播種期間の相関係数(1991年度)

播種期	DP		播種期	DP/TN	
	適期播	晩播		適期播	晩播
早播	0.929***	0.871**	早播	0.848**	0.710**
適期播		0.919**	適期播		0.841**

1)1%水準で有意。



第2図 施肥量がジラスターゼ力に及ぼす影響(1991年度)

■九州二条11号, ▨きぬ系16

効性が認められたと報告している。

以上を総合すると、DP、DP/TNの高い系統を選抜した場合、選抜の次年度においてもそれが高い傾向が認められるため、ジラスターゼ力の選抜効果は高いと考えられる。

(4) DP、DP/TN及び麦芽全窒素間の関係：品種間におけるDP、DP/TN及び麦芽全窒素間の相関係数を、第4表に示した。供試材料は、上記の年次の試験で用いた1990～1991年度のものである。両年度とも、DPとDP/TNの間には0.862～0.905の高い正の相関が認められ、しかも1%水準で有意であった。一方、DPと麦芽全窒素では0.133～0.427、DP/TNと麦芽全窒素では-0.085～-0.289と、一部に有意の相関がみられるものの、相関係数は低かった。

以上の結果から、品種間では、DPは麦芽全窒素と独立の関係にあり、DP/TNと高い正の相関がみられた。

次に、第5表に、同一品種におけるDP、DP/TN及び麦芽全窒素の間の相関係数を示した。供試材料は上記の施肥量の試験材料で、系統別に全てのデータを用いて相関係数を算出した。両系統とも、DPとDP/TNの間には0.704～0.952のやや高いまたは高い相関係数がみられ、統計的にも有意であった。しかし、その他の形質間相関係数には系統間に大きな差異がみられた。すなわち、‘きぬ

系16’ではDP、DP/TNとも麦芽全窒素と有意な正の相関が見られたが、‘九州二条11号’では全く有意な相関は見られなかった。

以上を総合すると、ジラスターゼ力選抜に際しては、従来のようにDPと麦芽全窒素を測定してDP/TNを算出するという必要はなく、DPのみで十分選抜データとして使用できるものと考えられる。一方、同一系統ではDPと麦芽全窒素との間に相関がみられる場合があるので、栽培試験のように同一品種を用いた試験ではDP/TNも算出する必要があると考えられる。

3 栽培地域が異なる場合のジラスターゼ力の遺伝的安定性

‘九州二条11号’、‘ニシノゴールド’、‘アサカゴールド’及び‘はるな二条’の4品種・系統のジラスターゼ力が、栽培地域を異にした場合でも標準品種の‘あまぎ二条’（一部‘とね二条’）より安定して高い水準にあるかどうかを明らかにするために、DP、DP/TNのそれぞれについて、横軸に標準品種、縦軸に比較品種・系統をとり、第3図に示した。なお、図中の直線より上にある場合は標準品種よりジラスターゼ力が高いことを示す。上図のDPにおいては、ほとんどの栽培地域で標準品種を上回ったが、品種・系統別ではどの栽培地域でも‘九州二条11号’>‘ニシノゴールド’=‘はるな二条’>‘アサカゴールド’≥標準品種の順で高い傾向がみられた。

次に、下図のDP/TNにおいても、‘アサカゴールド’を除く品種・系統はほとんどの栽培地域で標準品種を上

第3表 DP及びDP/TNの年次間相関係数

年次間	材料A ¹⁾		材料B ²⁾	
	DP	DP/TN	DP	DP/TN
1990年度/1991年度	0.931***	0.828**	0.829**	0.738**

1)日本品種・系統を中心とした10品種系統。
2)外国品種を中心とした77品種。
3)1%水準で有意。

第4表 品種間におけるDP、DP/TN及び麦芽全窒素の相互間の相関係数

各ジラスターゼ力	1990年度 ¹⁾		1991年度 ²⁾	
	DP/TN	麦芽全窒素	DP/TN	麦芽全窒素
DP	0.862***	0.427**	0.905**	0.133
DP/TN		-0.085		-0.289**

1)77品種を供試。
2)96品種を供試。
3)1%水準で有意。

第5表 同一品種におけるDP、DP/TN及び麦芽全窒素の相互間の相関係数(1991年度)

各ジラスターゼ力	九州二条11号 ¹⁾		きぬ系16 ¹⁾	
	DP/TN	麦芽全窒素	DP/TN	麦芽全窒素
DP	0.704* ²⁾	0.511	0.952*** ²⁾	0.877**
DP/TN		0.249		0.688*

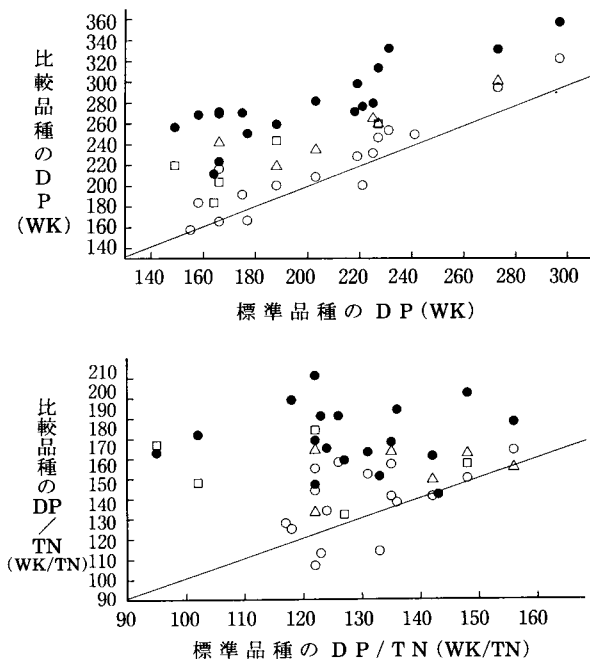
1)第2図の施肥量試験の材料で、各系統とも9材料供試。
2)*, **はそれぞれ5%, 11%水準で有意。

第6表 DP, DP/TN 及び他の諸形質における広義の遺伝力 (1991 年度)

D P	DP/TN	麦 芽 品 質 ²⁾					総合 評点
		麦 芽 エキス	エキス 収 量	麦 芽 全窒素	可溶性 窒 素	コールパッパ 数	
92.3 ¹⁾	92.4	33.9	66.8	92.4	76.9	87.5	91.2
栽 培 特 性							
出穂期	稈 長	穂 長	穂 数	全 重	収 量	収穫指数	整粒歩合
99.5	88.2	97.4	73.7	16.4	66.3	96.8	95.7

1) 単位は%。

2) D P, DP/TNを除く麦芽品質は、栃木農試栃木分場を分析を依頼した。



第3図 栽培地域が異なる場合の標準品種のジスターゼ力と比較品種のジスターゼ力との関係 (1992 年度)

● 九州二条11号, △ ニシノゴールド,
□ はるな二条, ○ アサカゴールド

回った。また、品種・系統間の DP/TN については、DP ほど明確でないが、一般にどの栽培地域でも「九州二条 11 号」が最も高い傾向を示した。

関口ら⁴⁾は、DP, DP/TN を含めた重要な麦芽諸形質の地理的変動は、品種間でほぼ一定した関係があると報告している。本試験でも同様な結果が得られていることから、ジスターゼ力の地域的安定性は高いと考えられる。

以上の結果を総合すると、「九州二条 11 号」はどの栽培地域でも絶えず高い DP, DP/TN を示したことから、品種間におけるジスターゼ力の地域的安定性は高いことが推察される。

4 ジスターゼ力の広義の遺伝力

ジスターゼ力の高い系統を効率よく選抜するためには、遺伝力が高いことが必要である。そこで、ジスターゼ力と他の麦芽品質及び栽培特性の広義の遺伝力を第6表に示した。DP 及び DP/TN は他の麦芽品質と比較した場合、麦芽全窒素及び総合評点並に高く、それぞれ 92.3 %, 92.4 % と高かった。一方、DP, DP/TN と並んで最も重要な麦芽品質特性である麦芽エキス、エキス収量の遺伝力は、それぞれ 33.9 %, 66.8 % と低かった。

栽培特性との比較では、出穂期、穂長、収穫指数及び整粒歩合は DP, DP/TN よりやや高い遺伝力を示し、いずれも 95 % 以上であった。しかし、穂数、全重及び収量は DP, DP/TN よりかなり低い遺伝力を示した。

関口ら^{5,6)}は、麦芽品質の F₂ の広義の遺伝力を推定し、麦芽エキス、DP, DP/TN 及び可溶性窒素の遺伝力が高いことを報告している。また、Hockett ら²⁾は総説の中で、原麦及び麦芽のジスターゼ力の広義の遺伝力の平均値はそれぞれ 82 %, 68 % で、これは麦芽エキスの平均 57 % より高いとしている。

以上のことを総合すると、ジスターゼ力の遺伝力は麦芽品質の中で最も高い特性の一つであり、その選抜効果は高いものと推察された。

謝辞： 栃木県農業試験場栃木分場ビール大麦品質改善指定試験地から麦芽及び分析データの提供をいただいた。また、各県農試から奨励品種決定調査材料の提供をいただいた。これらの関係者の方々に深く御礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) Hayter, A.M. and T.J. Riggs (1973) Environmental and varietal differences in diastatic power and four associated characteristics of spring barley. J. agric. Sci., Camb. 80 : 297-302.
- 2) Hockett, E.A. and R.A. Nilan (1985) Genetics In: Barley. (D.C. Rasmusson ed.), USA : ASA-CSSA-SSSA, pp. 187-230.
- 3) 堀江正樹 (1974) 育種学ハンドブック, 松尾孝嶺編, 東京: 養賢堂, pp. 366-367.
- 4) 関口忠男・倉井耕一・瀬古秀文・野沢清一・武田元吉 (1983) ビールムギ品質の地理的変動. 育種 33 別冊 1 : 302-303.
- 5) 関口忠男・氏原和人・倉井耕一・伊藤浩・桐生光広 (1984) ビールムギ品質の遺伝率. 育種 34 別冊 1 : 144-145.
- 6) 関口忠男・田谷省三・伊藤浩・桐生光広・加藤常夫 (1988) 醸造用二条オオムギにおける麦芽品質の遺伝力と初期世代の品質選抜の可能性. 育種 38 別冊 1 : 366-367.
- 7) 栃木農試栃木分場ビール麦醸造用品質改善指定試験地 (1989) 品種改良のためのビール麦品質検定法 (2). 100p.
- 8) 吉川 亮・水田一枝・山口 修 (1994) ビールオオムギのジスターゼ力の品種間差異. 九農研 56 : 23.