

醸造用二条大麦品種育成に伴う β -グルカン含量の低減化

伊藤 浩*・武田元吉**・田谷省三***

I 緒言

醸造用二条大麦（以下、ビール麦とする）はビールの原料であり、実需者からはその品質向上が強く要求されている³⁾。一方、生産者からは多収と栽培し易さ、つまり安定生産性が強く望まれている。このようにビール麦の品種育成は栽培性と品質という二つの主要特性の向上を車の両輪として進められている。

栃木分場でのビール麦育種は1954年に始まり、1958年には農林水産省二条大麦育種指定試験地、1971年には同ビール麦醸造用品質改善指定試験地が設置され、温暖地向けの品種育成が続けられている。今日までにニューゴールデン、アズマゴールデン、ミホゴールデン、ヤシオゴールデンを、最近では大麦縞萎縮病抵抗性品種ミサトゴールデン、ミカモゴールデンを育成した。

ところで、当场育成のヤシオゴールデンが現場規模製麦・醸造試験（40 t以上）において、麦芽の溶けの悪さと麦芽ろ過遅延を指摘され、1990年産限りで契約対象品種から除外されるといふ事態が生じた。また、その原因は過剰の β -グルカンと推測された。

この β -グルカンとは、 β -1, 3グルコシド結合と β -1, 4グルコシド結合が約3:7の割合で混在する β -D-グルコピラノーズのポリマーであり⁹⁾、 β -1, 3グルコシド結合部分でグルカン分子は折れ曲がりあたかもヘアピンのような立体構造をしていると考えられ、近年その分析法を中心に盛んに研究が行われている^{4, 10, 14)}。

大麦の β -グルカン含量は、他の穀類に比べ高く¹¹⁾、特に胚乳の細胞壁に多く含まれる⁸⁾。

ビール麦の場合、 β -グルカンが過剰に存在すると、①製麦時、胚乳中のでんぷんや蛋白質等の分解、いわゆる「溶け」を悪くし、製麦期間を長引かせること、②ビールの素となる麦芽エキス¹²⁾の収量が低下し、ビールの収率が下がること、③発酵の進行を阻害すること、④麦汁やビールの粘度を高め、ろ過遅延を引き起こし、ビール工場の生産性を落とすこと、⑤出来上がったビール中におりが生じ製品価値を落とすこと等、ビール醸造上好ましくない問題を招くと報告されている⁷⁾。

しかし、 β -グルカンはこれまでの育種プログラムでは品質検定項目になく、当场ではなんの検討も行っていなかった。そこで、著者らはこのヤシオゴールデン問題を契機に β -グルカンに関する研究を開始した。本報では、当场での育種事業の中で原麦 β -グルカン含量がどのように推移していったかを調査検討したので報告する。

II 材料および方法

供試材料には系統適応性検定試験（以下、系統とする）に供試した栃系のうち、1987年当場所産の117系統を用いた。栽培は土壤消毒を施した大麦縞萎縮病無発病畑で行った。施肥量は10 a 当りN・P・Kそれぞれ2.0・10.5・8.0kg、堆肥1 tとし、畝長3 m、畝間60cm、株間5 cmで、m²当り67粒を二条千鳥播きした。なお、栃系とは系統に初めて供試する際に付与する系統番号であり、各系統の系統供試初年度は第1表のとおり

*）現育種部 **）東大農 ***）現中国農試

第1表 栃系系統の系統適応性検定供試初年度

栃系番号	系適供試初年度	栃系番号	系適供試初年度	栃系番号	系適供試初年度
1~ 5	1965	91~ 98	1974	166~172	1983
6~ 19	1966	99~108	1975	173~179	1984
20~ 27	1967	109~117	1976	180~189	1985
28~ 37	1968	118~126	1977	190~198	1986
38~ 49	1969	127~132	1978	199~202	1987
50~ 59	1970	133~142	1979	203~211	1988
60~ 71	1971	143~151	1980	212~217	1989
72~ 83	1972	152~156	1981	218~227	1990
84~ 90	1973	157~165	1982		

である。

生育調査、収量調査は二条大麦育種指定試験地が担当、簡易製麦（60g）および麦芽分析は当該所定の方法にてビール麦醸造用品質改善指定試験地が分担し行った。

β -グルカン含量の測定は、原麦（2.5mmの縦目篩上に残る整粒のことで、麦芽の原料となる麦）について行った。全 β -グルカン含量と、65℃の温水により抽出（30分×3回）し分画した不溶性 β -グルカン含量を、McCLEARらの方法¹⁶⁾を基礎とする β -グルカン分析キット（BIOCON社製）を利用し測定した。なお、可溶性 β -グルカン含量は全 β -グルカン含量と不溶性 β -グルカン含量との差から算出した。

Ⅲ 結果および考察

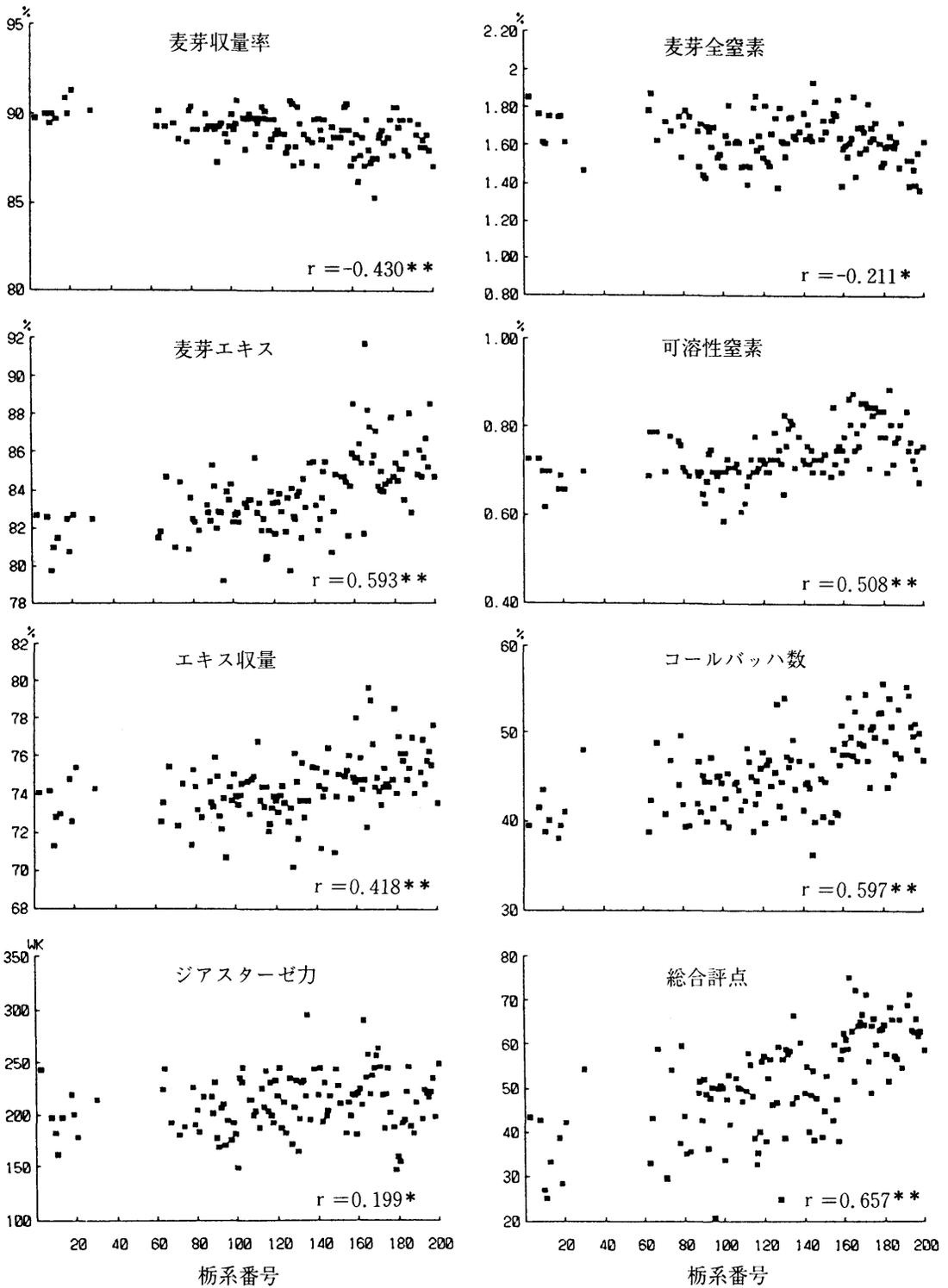
1. 麦芽形質の育種動向

麦芽形質での育種目標はいわゆる高品質化にある。当該での麦芽形質の育種動向を示すため、各形質毎に供試系統をその栃系番号順（ほぼ育成された年代順）に並べると（第1図）、麦芽エキス、エキス収量、可溶性窒素、コールバツハ数に向上傾向がみられ、特に近年の育成系統についてこれらの形質が著しく高くなっている。

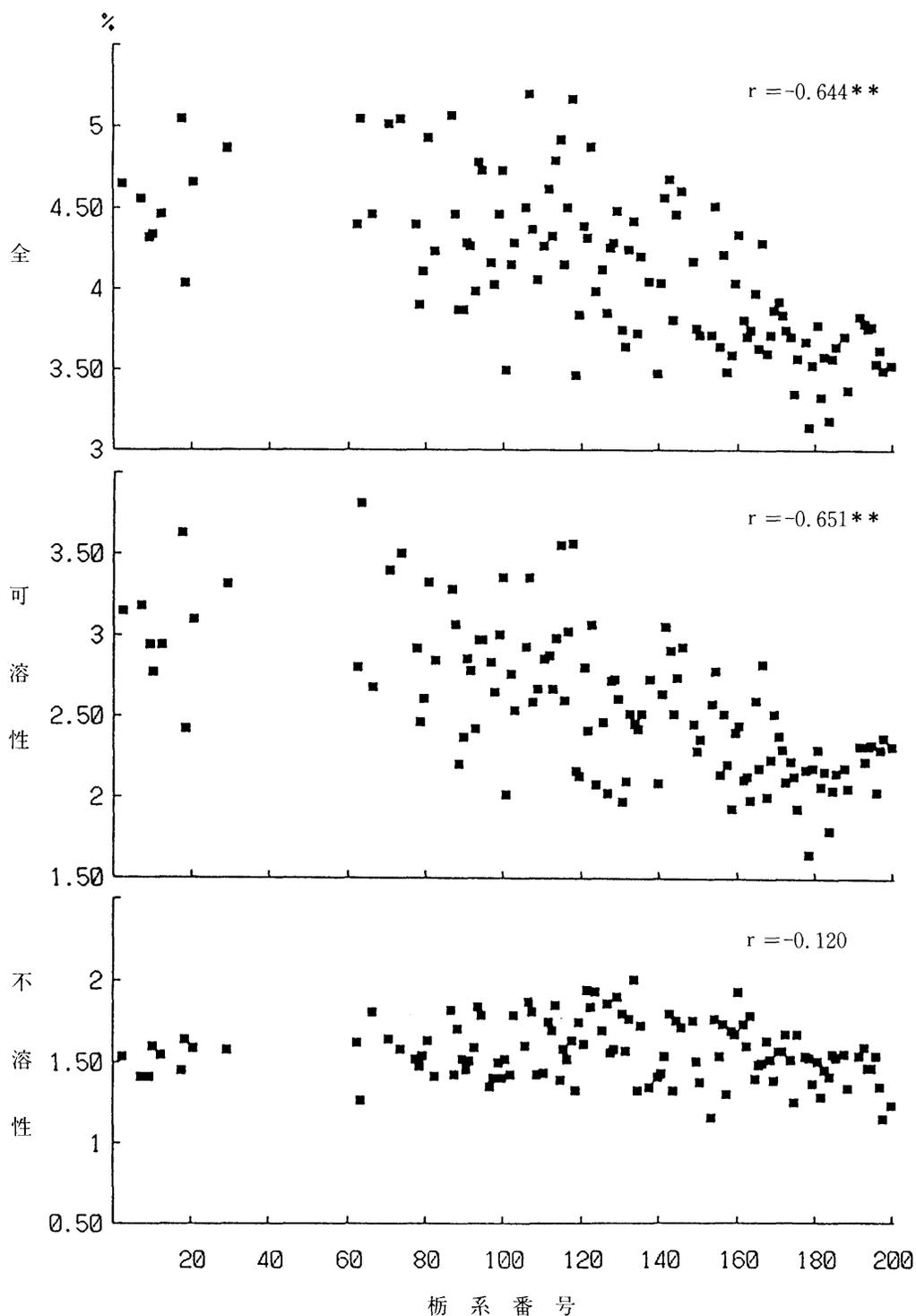
これは、はるな二条およびはるな二条を由来とする高エキス系統を母本とした交配が繰り返し行われたことによるが、その裏には「醸造用品質の高い品種を栽培してほしい」との実需者からの非常に強い要請があった¹⁵⁾。はるな二条は1979年サッポロビール(株)が育成した麦芽品質、特に麦芽エキスの非常に高い品種であり、当場では新田二条1号という系統名の時から注目し交配母本として用いている。はるな二条を片親とした系統が初めて系適に供試されたのは1979年（栃系133から）で、以来系適に供試された95系統のうち実に93系統がはるな二条由来である。ジアスターゼ力については個々の系統には高いものもあるが、十分な育種効果はみられず、さらに優良母本導入の努力を続ける必要がある。麦芽全窒素は最近やや減少傾向にあり、可溶性窒素の増加と相まってコールバツハ数を向上させている。このように全体として溶けは向上し、その分だけ麦芽収量率にやや低下の傾向がみられるが、現実には問題となっていない。これらの結果として近年育成の系統ほどその総合評点は高く、着実な高品質化が認められた。

この高品質化には、多種類少量サンプルの品質を効率的かつ経済的に評価する製麦法、麦芽

醸造用二条大麦品種育成に伴うβ-グルカン含量の低減化



第1図 麦芽形質の育種動向



第2図 栃系系統の原麦β-グルカン含量

分析方法の開発や改良¹⁷⁾が大きく貢献している。

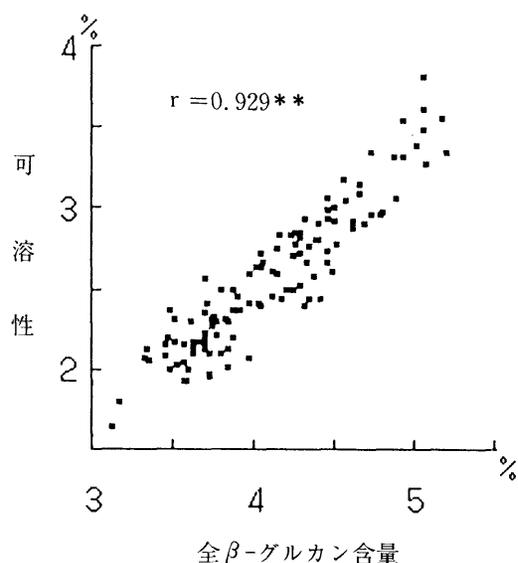
なお、わが国全体のビール麦育種についても、品質の顕著な向上と収量のわずかながらの向上が指摘されている⁶⁾。

2. 栃系117系統の原麦β-グルカン含量の系統間差異

大麦のβ-グルカン含量にはかなりの品種間差異があり⁵⁾、環境変異も大きいと報告されている¹³⁾。供試117系統の原麦β-グルカン含量については、全β-グルカン含量は3.11~5.17% (平均4.08%)、可溶性β-グルカン含量は1.62~3.79% (平均2.54%)と、系統間に差異がみられた。一方、不溶性β-グルカン含量は1.12~1.97% (平均1.54%)で、系統間差は全β-グルカン含量及び可溶性β-グルカン含量に比べ小さかった(第2図)。麦汁ろ過が遅延したヤシオゴールデン(栃系142)の全β-グルカン含量は3.78%とあまり高くなかったが、その懸念のあるミサトゴールデン(栃系144)は4.58%と高かった。麦汁ろ過の遅延は原麦β-グルカン含量だけでは説明しにくく、麦芽での検討が必要と推察される。

さて、β-グルカン含量は現在の育種プログラムでは品質検定項目になく、この形質に関しては無検討のまま育種は進められてきた。しかし、それにもかかわらず栃系系統の全及び可溶性β-グルカン含量はその育成年代順に従って低下方向に推移し、特に近年その傾向が著しい(第2図)。また、全β-グルカン含量と可溶性β-グルカン含量との間には有意な正の相関($r=0.929^{**}$)が認められ(第3図)、さらに不溶性β-グルカン含量には低下の傾向は見られない(第2図)ことから、全β-グルカン含量の低下は可溶性β-グルカン含量の低下によるものと考えられる。

3. 原麦β-グルカン含量と麦芽形質との関係 β-グルカン含量と麦芽形質との関係について



第3図 原麦の全β-グルカン含量と可溶性β-グルカン含量との関係

では、HENRYが麦芽エキスとの間に高い負の相関があることを指摘¹²⁾、AASTRUPも溶けとの間に高い相関関係があることを報告している¹⁾。また、AASTRUPは、突然変異育種法により育成した低β-グルカン系統が麦芽品質良好であると述べ、その有用性を強調している²⁾。

本報告において原麦β-グルカン含量と麦芽形質との関係を検討すると、有意水準1%で全及び可溶性β-グルカン含量は麦芽収量率、麦芽全窒素とは正、麦芽エキス、エキス収量、可溶性窒素、コールパッハ数、ジアスターゼ力(WK/TN)及び総合評点とは負の相関が認められた。しかし、ジアスターゼ力(WK)との間には相関関係は認められなかった。一方、不溶性β-グルカン含量と麦芽形質との間には、麦芽エキスとエキス収量に5%水準で負の相関が認められた以外に相関関係はみられなかった(第2表)。このように原麦β-グルカン含量は、総合評点と有意な負の相関関係があり、低品質な系統ほど原麦β-グルカン含量は高い傾向にある。一方、ビール麦の品質育種は高品質化を目

第2表 原麦β-グルカン含量と麦芽形質との相関

β-グルカン 含 量	麦 芽 収量率	麦 芽 エキス 収 量	エキ ス 収 量	麦 芽 全窒素	可溶性 窒 素	コ ー ル パッサ数	ジアスターゼ力		総 合 評 点
							WK	WK/TN	
全	0.378**	-0.499**	-0.345**	0.251**	-0.378**	-0.518**	-0.127	-0.268**	-0.552**
可溶性	0.398**	-0.466**	-0.299**	0.261**	-0.402**	-0.548**	-0.106	-0.253**	-0.551**
不溶性	0.030	-0.191*	-0.189*	0.034	-0.019	-0.037	-0.079	-0.096	-0.122

注. * : 5%, ** : 1%有意水準

指したので、長年にわたる品質選抜の結果、自然に原麦β-グルカン含量の高い系統は淘汰され、栃系として選抜されてきた系統の原麦β-グルカン含量は年々低下してきたと考えられる。つまり、高品質化というビール麦の育種目標そのものが原麦のβ-グルカン含量を低下させる方向に働いたと推測される。

4. 原麦β-グルカン含量による麦芽品質の一次選抜の可能性

このように原麦β-グルカン含量が麦芽形質と関連深いことは品質評価の面からみると、同含量による選抜が製麦・麦芽分析のいらない高品質系統選抜方法につながるかと考える。つまり、今まで製麦し分析しなければ評価できなかった麦芽品質を原麦β-グルカン含量で推定できる可能性を示唆している。同含量定量は比較的簡単であり、しかも原麦の段階で未製麦のまま麦芽品質の優れた系統の選抜ができる可能性が示されたことは、ビール麦の品質育種にとり画期的な選抜方法になり得ると考える。ただし、ジアスターゼ力(WK)との間には相関関係は認められず、酵素力関係の選抜については原麦β-グルカン以外の方法を検討していかなければならない。また、原麦β-グルカン含量と麦汁ろ過遅延との因果関係ははっきりとしないが、低β-グルカン系統の作出は前述①～⑤の問題を解決する意味からも重要であり、今後は選抜形質に加え検討することが必要と考える。

なお、本試験は単年度の結果であり、さらに本法利用の可能性を検討していく必要がある。

IV 摘 要

当場でこれまでに育成した系適供試系統のうち同一年度に栽植した117系統について、麦芽形質、原麦β-グルカン含量を調査し、品質育種の経時的变化と原麦β-グルカン含量の推移並びに各形質との関係を検討した。

1. ビール麦育種において、麦芽形質の向上が認められた。特に近年の高品質化は顕著である。

2. 原麦β-グルカン含量は品質検定項目になく選抜対象でなかったが、この間に育成された系統の全β-グルカン含量はその育成順に低下の方向に推移していた。この低下は可溶性β-グルカン含量の低下によるものと考えられる。

3. 原麦β-グルカン含量は麦芽形質との相関が高く、今まで製麦し分析しなければ評価できなかった麦芽品質を原麦β-グルカン含量で推定できる可能性があることを示唆している。原麦β-グルカン含量定量という比較的簡単な手法を用い、原麦の段階で未製麦のまま麦芽品質の優れた系統の選抜ができる可能性が示されたことはビール麦の育種上利用価値が高く、選抜の効率化が期待できる。

醸造用二条大麦品種育成に伴う β -グルカン含量の低減化

謝辞 本研究は東京大学育種学研究室での研修期間中(昭和63年5~10月)に主として行ったものである。また、取りまとめに当たって栃木県農業試験場栃木分場の各位に貴重な助言を頂いた。記して感謝の意を表する。

引用文献

1. AASTRUP S. 1980. Carlsberg Res. Commun. 45:369-379.
2. AASTRUP S. 1983. Carlsberg Res. Commun. 48:307-316.
3. 上松淳一 1979. 米麦改良 1979(8):1-16.
4. AMAN P. and K. HESSELMAN 1985. J. Cereal Sci. 3:231-237.
5. AMAN P. 1986. Swedish J. Agric. Res. 16:73-75.
6. 東 修 1981. 農及園 56(7):905-908.
7. BAMFORTH C. W. 1982. Brew. Dig. Dig. June:22-27, 35.
8. FINCHER G. B. 1975. J. Inst. Brew. 81:116-122.
9. FLEMMING M. and K. KAWAKAMI 1977. Carbohydrate Research 57:15-23.
10. HENRY R. J. 1985. Carbohydrate Research 141:13-19.
11. HENRY R. J. 1985. J. Sci. Food Agric. 36:1243-1253.
12. HENRY R. J. 1986. J. Cereal Sci. 4:269-277.
13. HOCKEET E. A., C. F. McGUIRE, C. W. NEWMAN and N. PRENTICE 1987. Barley Genetics V:851-860.
14. JENSEN S. A. and S. AASTRUP 1981. Carlsberg Res. Commun. 46:87-95.
15. 北原操一 1981. 農業技術 36:367-369.
16. McCLEAR B. V. and M. GLENNIE-HOLMES 1985. J. Inst. Brew. 91:285-295.
17. 田谷省三・伊藤 浩・桐生光広・加藤常夫 1989. 昭和63年度二条大麦基礎試験成績書。「品種改良のためのビール麦品質検定法(2)」

Decrease of β -Glucan Content of Barley
in Breeding Programs of Malting Barley

Hiroshi ITO, Genkichi TAKEDA and Shozo TAYA

Summary

We studied on the relationship between β -glucan content of barley and the malting quality in breeding programs of malting barley. The materials were 117 strains for the test of adaptability, which were raised in the Tochigi Branch.

The results were summarized as follows :

1. In breeding programs of malting barley, the cultural and malting characters of strains were improved year by year. Particularly, the improvement in malting quality was remarkable.
2. β -glucan content of barley is not a selection objective in breeding programs of malting barley. But the total β -glucan contents of these strains were decreasing according to the breeding chronological order. It is considered that this was mainly caused by decrease in soluble β -glucan contents of these strains.
3. β -glucan content of barley was highly correlated with the malting quality. Although we so far estimated the malting quality by the malt analysis, it was found that there was a possibility of selection of malting quality by β -glucan content of barley, without malting process and malt analysis. Moreover, the β -glucan content in barley is easily determined. These results suggest that the selection by β -glucan content may provide a useful approach to the screening of large population in the selection of barley.

{ Bull. Tochigi Agr. Exp.
Stn. No. 38 : 13 ~ 20 (1991) }