

穀粒分析機(GQA)による粗タンパク質含量及び水分の測定法について

—育種試験のための醸造用品質検定法—

川口数美*・関口忠男・赤羽根朋子・久保野実

I 緒 言

一般に、農業的形質の特性調査に対して品質の特性調査では、その調査に要する労力的あるいは時間的な比重が非常に大きい。したがって、品質に関する調査を数多く行いたい、労力的あるいは時間的に制約され多数のものについて品質調査ができないが現状であろう。

ビールムギの品質調査の場合も肉眼的な観察による調査はほとんどなく、理化学的な方法、すなわち、EBC法(European Brewery Convention)¹⁾に準じた方法を用いて測定している。しかし、精度を重視したこの方法では測定に非常に多くの労力と時間を要し、育種試験のような多数の系統を分析調査する場合には、かならずしも適当な方法とはいえない。

ビールムギの品質選抜でも農業的形質に関する選抜と同様に、一つの形質だけで系統の選抜をすることはなく、醸造用品質に関係する各形質の特性を総合的にみて系統の優劣を判定し、系統選抜をしている。その場合耐病性調査における肉眼観察のように、粗タンパク質含量・麦芽エキス・ジアスターゼ力などの各形質の特性を簡単に5~7段階に分けられれば、それらを総合して系統の優劣をきめることができる。したがって、初期世代の系統における、理化学的測定値そのものにはあまり意味はないものと考えられる。

そこで、著者らは「育種試験のための醸造用品質検定方法の確立」という課題で、測定精度が多少劣っても簡便で迅速な測定方法の開発・測定機器の導入に努めてきた。

本研究ではネオテイツク社(U・S・A)で開発

* 現農事試験場

したGrain Quality Analyzer(以下GQAと呼ぶ)が育種試験のための粗タンパク質含量の測定に使用できるかどうかを検討し、ほぼその目的にかなう結果をえたので報告する。

使用したGQAの機種は、ハダカムギについては31型、その他はI型を使用した。

II GQAの機能概要とその問題点

GQAで試料の成分を測定する場合、あらかじめ成分既知(実験室値)の材料の光学的密度差(ΔOD)をGQAで測定し、この ΔOD と実験室値をもとにネオテイツク社が次式のK値を算出する。ついで、K値をGQAに置数して、はじめて未知の試料の粗タンパク質含量及び水分の測定ができるようになる。したがって、GQAの機能は穀粒の光学的密度差(ΔOD)を測定することと、この ΔOD と置数された定数Kにより、粗タンパク質含量などを算出する演算の2つの機能がある。

$$\text{水分}\% = K_1 + K_2(\Delta OD_0) + K_3(\Delta OD_P) + K_4(\Delta OD_w)$$

$$\text{粗タンパク質含量}\% = K_5 + K_6(\Delta OD_0) + K_7(\Delta OD_P) + K_8(\Delta OD_w)$$

水分%・粗タンパク質含量%: 実験室値

Δod_0 : オイルの光学的密度差

Δod_P : 粗タンパク質の光学的密度差

Δod_w : 水分の光学的密度差

このGQAを育種試験に用いる場合に次のような問題が考えられた。

① 成分既知の同一材料のK値算出のための ΔOD 測定回数

② K値算出に用いる材料の実験室値とGQ

A 値との差が大きい材料の取扱い

③ 実験室値とGQA 値あるいはGQA 計算値との関係

④ 現在用いている理化学的な測定とGQA による測定との精度の比較

以上の4点を解明しようと本研究を行った。

なお、本報告の測定値に関する用語はつぎのような意味をもつものである。

実験室値： 実験室での通常の理化学的方法による粗タンパク質含量(%)及び水分含量(%)。

GQA 計算値： K 値算出に用いた材料の ΔOD とK 値とを用いて前述の式より計算した粗タンパク質含量(%)及び水分含量(%)。

GQA 値： 成分未知の材料について、K 値を置数したGQA を用いて測定した粗タンパク質含量(%)および水分含量(%)。

III GQA を用いる場合の問題点の解明について

1. ΔOD 測定回数の決定について

前述したように成分既知の材料の ΔOD を測定する場合、その測定回数を何回位にしたらよいかを知るため、次のような試験を行った。

第1表 二条オオムギ、麦芽およびコムギの粗タンパク質含量および水分についての実験室値とGQA 計算値との相関係数(r)および標準偏差(σ)

作物の種類	ΔOD の測定回数	粒				粉			
		粗タンパク質		水分		粗タンパク質		水分	
		r	σ	r	σ	r	σ	r	σ
二条	8	0.71	1.42	0.90	0.30	0.98	0.37	0.92	0.27
	3	0.76	1.33	0.91	0.29	0.98	0.38	0.91	0.27
オオムギ	1	0.78	1.25	0.90	0.29	0.98	0.40	0.93	0.26
麦芽	8	0.79	1.04	0.79	0.14	0.98	0.33	0.78	0.13
	3	0.80	1.05	0.77	0.14	0.99	0.29	0.80	0.13
	1	0.81	1.01	0.81	0.13	0.99	0.28	0.78	0.13
コムギ	8	0.64	1.12	0.64	0.63	0.94	0.48	0.84	0.45
	3	0.64	1.12	0.62	0.64	0.94	0.49	0.82	0.45
	1	0.65	1.10	0.61	0.65	0.94	0.50	0.89	0.37

1) 実験材料及び実験方法

二条オオムギ20品種、麦芽20品種及びコムギ16品種(硬質・軟質及び赤粒・白粒を含む)を用いた。

試料をGQAのサンプルホルダーにつめ、 ΔOD (ΔOD_0 , ΔOD_F 及び ΔOD_W)を10回測定し、最高値と最低値とを除いた8回の平均値を各品種の ΔOD としたものを8回測定区とした。つぎに、10回のうちの任意の3回を平均したものを3回測定区とした。さらに、任意の1回のもものを1回測定区とした。

測定は、同一材料について粒と粉とで行った。粉碎にはコーヒーミルを用い、粉の ΔOD 測定後直ちに、粗タンパク質含量についてはケルダール法で3反復、水分については常圧定温乾燥法(105℃, 3~4時間)で3反復して、その平均を実験室値とした(以下同じ)。

2) 実験結果及び考察

実験室値及び ΔOD 値(ΔOD_0 ・ ΔOD_F ・ ΔOD_W)からK 値を算出した。その実験室値とGQA 計算値との相関係数(r)及び標準偏差(σ)を第1表に示す。

なお、この場合の標準偏差は次式によって与えられるものである。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (L-G)^2}{n-1}}$$

σ : 標準偏差 n : 標本数 (用いた品種数)
 L : 実験室値 G : G Q A 値

第1表に示されるように、実験室値とG Q A 計算値との r 及び σ とともに、 ΔOD の測定回数による差はほとんど認められない。このことから、 ΔOD の測定は1試料について1回だけでもよいが、安全度を考慮すれば3回位が適当であるものと考えられる。

2. K 値算出に用いる材料のうち実験室値とG Q A 計算値との差が大きい材料の取扱ひ方について

K 値算出に用いる材料は多ければ多いほどよいであろうが、通常、約20品種ほどあればよいといわれている。この場合、K 値を置数してG Q A で成分測定しようとする成分未知の試料の成分範囲が、上記の20品種の成分範囲に入ることが望ましい。

K 値算出の後、実験室値とG Q A 計算値との差が非常に大きい場合がある。このような場合、G Q A の精度をあげるため両値の差が大きい材料を除いて再びK 値を求め、そのK 値をG Q A に置数した方がよいといわれている。すなわち、実験室値及び ΔOD 値の測定の場合に測定ミスがあったとして、その材料をK 値算出から除いた方がよいということである。

そこで、このことを確かめるため、次のような試験を行った。

1) 実験材料及び実験方法

六条オオムギ68系統及び二条オオムギ72系統の粗タンパク質含量の実験室値を決定し、その中から片寄りがないようにして六条・二条オオムギの各25系統を選んで粉碎し、粉の ΔOD を3回測定した。残った材料については ΔOD を1回測定した。

25系統を用いてK 値を求め、G Q A 計算値を算出した。実験室値とG Q A 計算値の差がもっとも大きい材料を除いて再びK 値を求め、再びG Q A 計算値を算出した。このようにして、両値の差が大きいものを1系統ずつ除いてK 値を求めた。すなわち、実験室値とG Q A 計算値との差を小さくしてK 値を求めることを繰り返したことになる。したがって、25系統を用いた場合から20系統を用いた場合までの6種類のK 値を求めた。

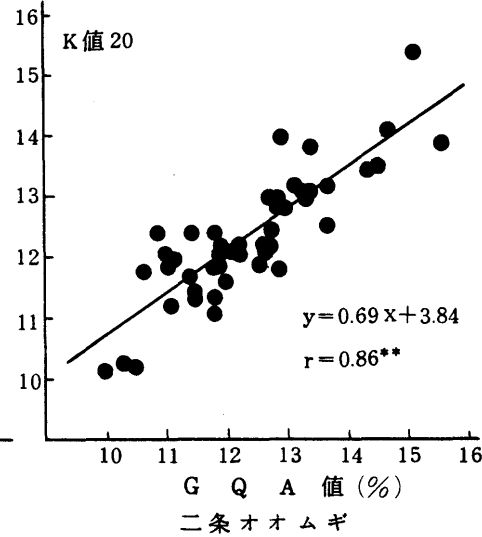
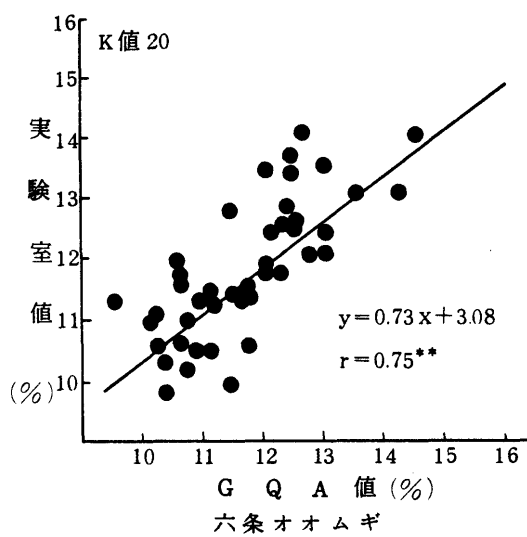
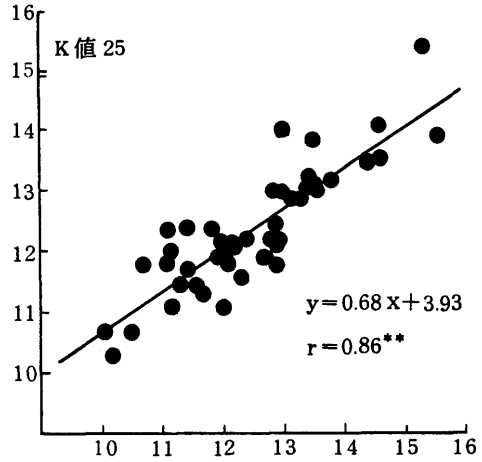
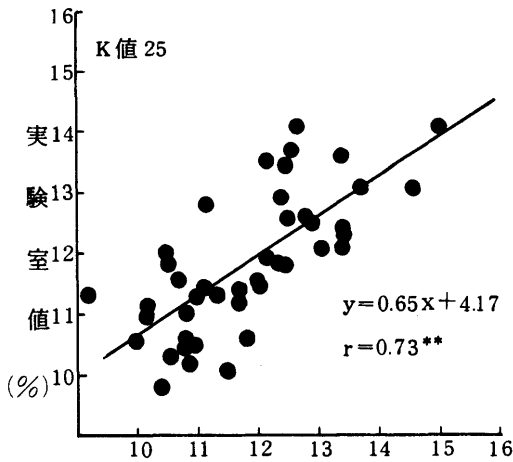
つぎに六条オオムギ及び二条オオムギのK 値算出に用いた各25系統を除いた残りの系統(未知試料)それぞれ43系統及び47系統の ΔOD を用いて、IIの項で述べた式にK 値を代入して、各系統の ΔOD からG Q A 値を算出した。

第2表 六条オオムギ(粉)の粗タンパク質含量についてのK 値、および実験室値とG Q A 値との相関係数 (r)、および標準偏差 (σ)

試料数	K 値				r	σ
	K 5	K 6	K 7	K 8		
25	10.8	-1.000	0.735	0.043	0.73	0.90
24	11.9	-1.000	0.701	0.025	0.71	0.93
23	11.6	-1.000	0.703	0.029	0.72	0.92
22	12.1	-1.000	0.655	0.024	0.72	0.90
21	8.0	-1.000	0.706	0.086	0.76	0.80
20	8.4	-1.000	0.676	0.079	0.75	0.80

第3表 二条オオムギ(粉)の粗タンパク質含量についてのK 値、および実験室値とG Q A 値との相関係数 (r)、および標準偏差 (σ)

試料数	K 値				r	σ
	K5	K6	K7	K8		
25	-1.7	-1.000	0.992	0.229	0.86	0.66
24	-2.4	-1.000	0.987	0.239	0.87	0.64
23	-2.6	-1.000	1.000	0.242	0.86	0.65
22	-4.4	-1.000	1.000	0.270	0.86	0.64
21	-4.8	-1.000	1.000	0.275	0.86	0.64
20	-4.5	-1.000	1.000	0.270	0.86	0.64



第1図 六条オオムギおよび二条オオムギのK値算出の試料数を異にした場合における粗タンパク質含量についての実験室値とGQA値との関係

注. 図中のK値25およびK値20はK値算出に用いた試料数を示している.

2) 実験結果及び考察

六条オオムギ及び二条オオムギにおける試料数毎の各6種類のK値を, それぞれ第2表及び第3表に示した. また未知試料43及び47系統のGQA値と実験室値とのr及びσを第2表及び第3表に示した. さらに未知試料のGQA値と実験室値との関係図の一部を第1図に示した.

第2表及び第3表に示されるように, 試料数毎のK値はかなり異なっている. 六条オオムギでは試料数が減少(実験室値とGQA計算値との差が大きい材料を除いたことによる)すればrは大きくσは小さくなり, 多少精度が向上する傾向であるが, その差は極く少ない. 二条オオムギではr及びσとも試料数の減少によって

ほとんど変わらない。また、第1図にみられるように、系統の分布状況はK値算出の試料数が異なってもほとんど差は認められない。

実験室値とGQA計算値との差の大きいものを除いた方が、GQAの精度を向上させるとすれば、その差の大きい材料を除いた場合のK値を用いたGQA計算値と実験室値との r は大きくなり σ は小さくなるはずである。しかし、そのような傾向は六条オオムギでは多少認められるが、その差は極く小さく、二条オオムギではほとんど認められなかった。したがって、K値算出の際、実験室値とGQA計算値との差の大きいものを除けば多少精度が向上することもあるかもしれないが、ただ単に差が大きいからといって、その材料を除いてK値を算出するというようなことはさけた方がよいものと考えられる。すなわち、そのような差が測定ミスによるものでなければ、かえって、実験室値とGQA計算値との差が大きい材料を含めてK値を算出していることになるので、育種試験のように多数の未知の系統を扱う場合には優れているものと考えられる。K値は、品種ごと、あるいは産地ごとの品種別または年次別というように算出することがのぞましく、GQA値と実験室値との差は小さくなるといわれている。しかし、育種試験ではどのような系統が育成されるかどうか予測できないので、なるべく種々の系統を用いてK値を算出し、実験室値とGQA計算値との差が大きい材料についても除かずにGQA測定に供した方が、多数の育成系統のなかに、このような差の大きい系統が含まれる場合にも多少精度が落ちてGQAで測定できることになろう。

3. GQA値あるいはGQA計算値と実験室値との関係

1) 実験材料および実験方法

二条オオムギ、コムギ、ハダカムギ及び玄米について、K値を算出し、GQA値を測定ある

いはGQA計算値を算出し、それらと実験室値との関係を調べるため、つぎの試験を行った。

(1) 二条オオムギ

先に述べたIII-1の項で算出した3回 ΔOD 測定区の粉のK値をGQAに置数して、K値算出に用いた20品種の粉のGQA値を測定した。また、別の時期に同じK値を用いて、K値算出に用いなかった(未知試料)18品種についてGQA値を測定した。

(2) コムギ

二条オオムギと同様にIII-1の項で算出した3回 ΔOD 測定区の粒と粉のK値を別々にGQAに置して、K値算出に用いた16品種の粒と粉の両GQA値を測定した。また、粉の同じK値を用いて、K値算出に用いなかった21品種の粉のGQA値を測定した。さらに、K値を算出した翌年、7品種について、前年のK値を用いてGQA値を測定した。

(3) ハダカムギ

25系統を用いてK値を算出し、このK値を用いてGQA計算値を求め、このGQA計算値と実験室値との関係を調べた。なお、この25系統のなかに、わが国のハダカムギ品種間交雑の後代系統18(日本品種間交雑系統群)とHiproly(高リジン系統)との交雑後代系統7(Hiproly交雑系統群)が含まれていたため、両者の ΔOD_p と実験室値との相関係数及び両者別々にK値を算出し、これらのK値を用いてGQA計算値を求め、このGQA計算値と実験室値との関係も調べた。すなわち、全系統、Hiproly交雑7系統およびわが国の品種交雑18系統の実験室値と ΔOD_p ならびにGQA計算値との関係を調査したことになる。

(4) 玄米

90系統について ΔOD_p を1回測定し、90系統の ΔOD_p が分布する範囲を含むようにして24系統を選び、この24系統について再び3回 ΔOD を測定し、K値を算出した。このK値を用いてG

Q A 計算値を求め、実験室値との関係を調査した。

2) 実験結果及び考察

二条オオムギ、コムギ、ハダカムギ及び玄米についてのGQA値あるいはGQA計算値と実験室値とのr及びσを第4表に示した。なお、二条オオムギ及びコムギについては、先に示した実験室値とGQA計算値とのr及びσを第1表と重複するが、比較のため第4表に示した。

第4表にみられるように、二条オオムギ及びコムギともに、K値を算出した品種の実験室値とGQA計算値とのrが最も大きく、つぎに同じ品種の実験室値とGQA値のrが中位で、未知の試料の実験室値とGQA値とのrが最も小さかった。σの値については相関係数の傾向とはまったく逆の関係であることが認められる。

このことは当然のことであろうが、K値算出に

用いた品種と異なる品種の場合も、二条オオムギ及びコムギの粗タンパク質含量についてのrはそれぞれ0.91及び0.92で、σも両ムギとも1.0以内であり、かなり高い相関関係が認められる。

また、ハダカムギ及び玄米の粗タンパク質含量については実験室値とGQA計算値との関係だけであるが、第4表にみられるように、rはそれぞれ0.99及び0.95で、二条オオムギ、コムギ(第4表)及び六条オオムギ(第2表)のGQA計算値との場合とほぼ同じかやや大きく、高い相関関係が認められる。さらに、ハダカムギ及び玄米のσも二条オオムギ、コムギ及び六条オオムギの場合とほぼ同じである。このことから、推測ではあるがハダカムギ及び玄米とも、これらのK値で他の異なる品種のGQAによる測定を行った場合も、実験室値とGQA値

第4表 二条オオムギ、コムギ、ハダカムギおよび玄米の粗タンパク質量および水分についての実験室値 GQA値あるいはGQA計算値との相関係数(r)および標準偏差(σ)

作物の種類	粉粒の別	K値* 分類番号	供試材料** の区別	供試 材料数	粗タンパク質		水分	
					r	σ	r	σ
二条オオムギ	粉	二条-2	(GQA計算値)	(20)	(0.98)	(0.38)	(0.91)	(0.27)
	"	"	同	20	0.97	0.54	0.83	0.38
	"	"	異	18	0.91	0.99	0.71	0.56
コムギ	粒	コムギ-1	(GQA計算値)	(16)	(0.64)	(1.12)	(0.62)	(0.64)
	"	"	同	16	0.63	1.13	0.54	0.69
	粉	コムギ-2	(GQA計算値)	(16)	(0.94)	(0.49)	(0.82)	(0.45)
	"	"	同	16	0.93	0.58	0.81	0.48
	"	"	異	21	0.92	0.86	0.29	1.68
	"	"	"	7	0.96	2.40	-	-
ハダカムギ	粉	裸-1	(GQA計算値)	25	0.99	0.31	-	-
	"	2	"	18	0.98	0.24	-	-
	"	3	"	7	0.97	0.33	-	-
玄米	粉	玄米-1	GQA計算値	24	0.95	0.38	0.50	0.31

注. * K値分類番号は第9表に示した分類番号。

** GQA計算値のうち()がついているものは第1表と重複している。

同: K値を算出した材料についてK値を置数してGQA値を測定したもの。

異: K値を算出した材料以外すなわち、成分未知の材料である。

との相関はかなり高くなるものと考えられる。

つぎに、コムギについてK値を算出した翌年、7品種について、前年のK値を用いてGQA値を測定したところ、第4表にみられるように粗タンパク質含量について高い相関関係 ($r=0.96$) が認められた。しかし、 σ は非常に大きくなっているため、先に述べた式の K_5 値を多少かえて測定する必要がある。年ごとに新しく全部のK値を算出しなければならないか、あるいは K_5 だけ変えればよいのかについては、今後、十分に検討されねばならぬ問題であろう。

ハダカムギの系統のなかに、わが国の品種間交雑の後代系統（日本品種間交雑系統群）とHiprolyとの交雑後代系統（Hiproly交雑系統群）が含まれていて、両者の ΔOD_p 値と実験室値との関係を第2図に示した。

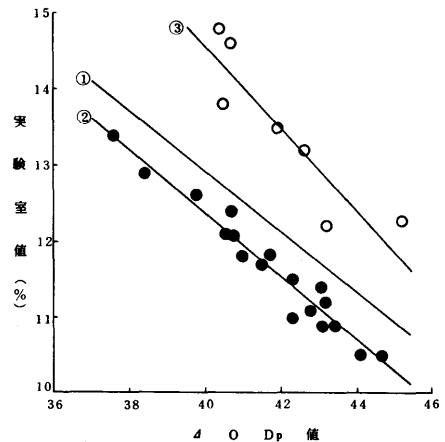
第2図にみられるように、群ごとの実験室値と ΔOD_p 値との相関関係はかなり高いことが認められるが、全系統では群ごとの場合にくらべて、その関係はかなり低い。しかし、第4表に示した通り、全系統をこみにした場合の実験室値とGQA計算値との相関関係は非常に高く ($r=0.99$)、群別の相関関係と同じである。これら3者の実験室値とGQA計算値の回帰式もほとんど一致している。

全系統	$y = 0.99x - 0.18$
日本品種間交雑系統群	$y = 0.97x - 0.16$
Hiproly交雑系統群	$y = 0.95x + 0.39$

以上のように、実験室値とGQA値あるいはGQA計算値との関係は、二条オオムギ、コムギ、ハダカムギ及び玄米とも、かなり高い相関関係にあることが認められた。

4. 実験室値の精度

実験室値を基礎にしてK値を算出するのであるから、GQAによる測定精度は従来の理化学的分析より、精度が落ちることは当然であるが、従来の理化学的測定との比較も必要なものと考



第2図 ハダカムギの粗タンパク質含量についての
実験室値と ΔOD_p との関係

注 ① 全 体 (25系統) $r=0.60^{**}$

② 日本品種間交雑系統群 (18系統)

$r=0.90^{**}$

③ Hiproly交雑系統群 (7系統)

$r=0.97^{**}$

えられる。そこで、実験室値測定には通常同一材料について2反復して、実験室値をきめているので、その反復間の r 及び σ の値を知るため、つぎのような試験を行った。

1) 実験材料及び実験方法

二条オオムギ、麦芽各20品種及び16品種を用いて、粗タンパク質含量については通常のケルダール法で、水分については常圧乾燥法で、いずれも試料採取を3反復して測定した。また、粗タンパク質含量については試料0.5gと1.0gを採取し、1.0g採取では分解後、蒸留滴定を2反復し、0.5gについては蒸留滴定の反復はない。水分については試料2gを用いた。

2) 実験結果及び考察

蒸留滴定の反復のない場合の粗タンパク質含量(試料0.5g)と水分のそれぞれの r 及び σ を第5表に示した。また、蒸留滴定を反復した粗タンパク質含量(試料1.0g)の r 及び σ を

第5表 二条オオムギ、麦芽およびコムギのタンパク質含量及び水分についての試料秤取反復間の実験室値の相関係数(r)および標準偏差(σ)

作物の種類	粗蛋白質含量		水分	
	r	σ	r	σ
二条オオムギ	0.98	0.38	0.99	0.06
麦芽	0.98	0.32	0.93	0.08
コムギ	0.99	0.25	0.99	0.08

注. r および σ も3つの平均値である. すなわち1区と2区, 2区と3区および1区と3区のそれぞれの関係の平均値である.

第6表 二条オオムギおよび麦芽の粗タンパク質含量についての蒸留滴定反復間の実験室値の相関係数(r)および標準偏差(σ)

作物の種類	蒸留滴定			
	反復あり		反復なし	
	r	σ	r	σ
二条オオムギ	0.995	0.14	0.99	0.25
麦芽	0.991	0.16	0.93	0.51

注. r および σ は3つの平均値である. すなわち, 反復間ありは1区, 2区および3区の反復間のそれぞれの関係の平均値, 反復なしは蒸留滴定を2反復したうちの任意の1つを, 試料の反復とした1区と2区, 2区と3区および1区と3区のそれぞれの関係の平均値である.

第6表に示した. 両表にみられるように, 粗タンパク質含量及び水分とも r は非常に大きく, σ は小さい. とくに, 粗タンパク質含量については蒸留滴定の反復間では r は0.99以上であり, σ は0.2以下である. それにくらべて, 試料間(第5表及び第6表の反復なし)では r はやや小さくなり, σ はかなり大きくなることが認められる.

5. GQAの精度(反復測定間の分散)
GQAの精度について検討を加えるため, つぎのような試験を行った.

1) 実験材料及び実験方法

二条オオムギ及びコムギをそれぞれ24品種16品種を用いて, III-1の項で算出したK値を置数してGQA値を測定した. この場合二条オオムギについては20品種と17品種のK値, コムギについては16品種と13品種のK値を用いて, それぞれのGQA値を両ムギとも反復なしで測定した. したがって, 反復の分散は試料数の異なるK値を用いた場合の分散ということになる.

2) 実験結果及び考察

実験室値とGQA値とのrは二条オオムギでは20品種のK値及び17品種のK値の場合それぞれ0.95及び0.93, コムギでは16品種のK値及び13品種のK値とも0.92で大きな値を示した. このように異なるK値でも, 両ムギとも実験室値とのrはほとんど同じであった.

分散分析結果をそれぞれ第7表(二条オオムギ)及び第8表(コムギ)に示した. 両表にみられるように誤差分散はかなり小さいことが認められるが, 同じK値を用いればさらに小さくなるであろう. なお, 二条オオムギでは異なるK値を用いても有意な差は認められなかったが, コムギでのそれは有意な差であった.

IV 総合考察

育種試験にGQAが使用できるかどうかの使用上の問題点を解明するため本研究を行った.

著者らは初期世代系統についても, 粗タンパク質含量の測定には, 0.5gの試料により, 通常のケルダール法で分析してきた. この場合, 試料を2反復して分解し, 蒸留滴定は反復なしで, 試料間の粗タンパク質含量の差が0.5%以内であれば両試料の平均値をその系統の特性値としている. 両試料間の差が0.5%以内でない

場合には再び2試料を採取して分析することにして、先の2試料の測定値は棄却している。分解さえ注意して行えば再分析はさほど多くはない。なお、現在ではオートアナライザーによる分析にかわっているが²⁾、この試料間の差0.5%という点ではかわりはない。試料間の差が0.5であるので、20品種ほどの σ は最大で0.51ということになる。

第5表及び第6表の分析では再分析は行っていない。両表にみられる通り、試料間の r は0.93~0.99で非常に大きく、また σ は0.25~0.51で、再分析を行わなかった割には精度が高いものと考えられる。

この場合の σ も $\sqrt{\sum d^2/n-1}$ の式で求めたもので(d は反復間の実験室値の差)、このような σ で表わしたのは、ネオテック社(GQAの製

第7表 二条オオムギにおける異なるK値を用いた場合のGQA値の分散分析

要因	自由度(N)	平方和(SS)	分散(MS)	分散比(F)	確率(P)
品種	23	42.77	1.859	17.21	0.001以下
K値の違い	1	0.10	0.100	0.92	
誤差	23	2.49	0.108		
全体	47	45.36			

第8表 コムギにおける異なるK値を用いた場合のGQA値の分散分析

要因	自由度(N)	平方和(SS)	分散(MS)	分散比(F)	確率(P)
品種	20	129.04	6.452	22.0	0.001以下
K値の違い	1	1.48	1.480	5.0	
誤差	20	5.86	0.293		
全体	41	136.38			

造会社)の σ がこのような式で表わされていて、その社における σ と比較しやすいようにしたためである³⁾。

2反復の誤差分散(V_E)という形であらわせば、本研究の σ と V_E との関係は次式のようになる。

$$V_E = \frac{1}{2} \left\{ \sigma^2 - \frac{(\sum d)^2}{n(n-1)} \right\}$$

$$\sigma^2 : \frac{\sum d^2}{n-1}$$

d : 2反復間の実験室値の差

n : 供試品種数

上式で $\sum d$ が0に近い数値であれば $V_E = \frac{\sigma^2}{2}$ となる。

第5表及び第6表では $\sum d$ は0に近かったので、 σ が0.25の場合には $V_E = 0.031$ 、 σ が0.51であれば $V_E = 0.13$ となる。仮に V_E が反復なしの場合も変わらないとすれば、多少異論はあろうがこの試験の最少有意差($LSD = \sqrt{V_E \times 2} \times t_{(19)}$)は95%の有意水準で、 V_E が0.031($\sigma = 0.25$)であればLSDは0.52である。また、 V_E が0.13($\sigma = 0.51$)であればLSDは1.14である。また、本研究ではないが著者らの研究室で行う分析では20品種程度を用いて試料2反復した場合の品種の平均値についてのLSDは0.5~0.8位である。なお、著者らの行っているケルダール法での誤差は分解時(標本採取誤差も含む)の誤差が蒸留滴定の誤差にくらべてかなり大きいことがわかる(第5表及び第6表)。

これに対して、GQAの精度については第7表及び第8表にみられるように、異なるK値を用いた場合でも、二条オオムギ及びコムギでそれぞれ V_E が0.108及び0.293であった。実験室値間の V_E にくらべていくらか大きいのが、予想したほどではなかった。同一K値を用いて反復すれば V_E はさらに小さくなるであろう。この V_E からの品種のLSDは二条オオムギでは2

つの平均値の場合0.7, 反復なしで1.0であり, コムギではそれぞれ1.2及び1.6である。

また, 実験室値とGQA値(GQA計算値も含む)とのrは本研究の全試験を通じて0.71(第2表)~0.99(第1表・第3表等)であり, 最小のものでも回帰の寄与率は0.50でかなり高い。σは0.28(第1表)~2.41(第4表)であり, このうち, 2.41(第4表)は前年のK値を用いたものでΣdは-1.41であり, ついで大きいものは0.99(第4表)でΣd-15.5であり, それぞれのV_Eは0.515と0.096である。V_Eが0.515と大きいことは品種数が少なかったためであろう。この場合のV_Eは1品種について実験室値とGQA値を測定した場合のものである。

以上のように, 粉を用いてのGQAによる粗タンパク質含量の測定では, その誤差分散がケ

ルダール法にくらべていくらか大きくなるが, rは0.7以上で高く, 寄与率も50%以上であった。

つぎに, 粒では実験室値とGQA計算値とのrとσだけであるが, それぞれ, 0.64~0.81及び1.01~1.43であり, 成分測定後, その粒をは種しなければならぬ場合にはGQAが使用できる場合もあろうと考えられるが, 粒の測定については今後十分な検討が必要である。

水分についてはrは最大で0.93(第1表), σは最少で0.13(第1表)で期待(常圧乾燥法にかえられるとの期待)されたほどではなかった(既存の電気抵抗式的水分計でr=0.94, σ=0.45)。そのことについては水分分布の幅が小さかったためかと考えられるのでさらに検討を要するであろう。しかし, 育種試験の系統選

第9表 本報告に用いた作物別および粉粒別K値一覧表

作物の種類	K 値 分類番号	粉粒の別	K 値算出 の試料数	粗タンパク質				水分				備考 *
				K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	
二条 オオムギ	二条-1	粒	20	35.1	1.658	-0.274	-0.473	4.9	0.207	0.217	0.060	III-1
	"-2	粉	20	-1.2	-0.665	.635	.229	-1.9	-0.081	.157	.179	III-1
	"-3	"	25	-1.7	-1.000	.992	.229	-	-	-	-	III-2
	"-4	"	20	-4.5	-1.000	1.000	.270	-	-	-	-	III-2
	"-5	"	17	2.6	-0.553	0.594	.170	-3.9	.297	.090	.221	III-5
麦芽	麦芽-1	粒	20	7.3	-1.228	0.205	.214	1.5	-0.080	.053	.069	III-1
	"-2	粉	20	10.1	0.432	1.100	.052	-0.1	-0.046	-0.019	.011	III-1
六条 オオムギ	六条-1	粉	25	10.8	-1.000	0.735	.043	-	-	-	-	III-2
	"-2	"	20	8.4	-1.000	.676	.079	-	-	-	-	III-2
ハダカ ムギ	稞-1	粉	25	13.3	0.148	-0.490	-0.366	5.7	.132	.068	-0.133	III-3
	"-2	"	18	12.4	.144	-0.475	-0.369	1.2	.005	-0.082	-0.266	III-3
	"-3	"	7	5.4	.491	-0.432	-0.643	16.7	-0.282	-0.036	.199	III-3
コムギ	コムギ-1	粒	16	18.6	-0.101	-0.093	-0.082	6.7	.140	.246	.038	III-1
	"-2	粉	16	3.2	.184	.606	.108	6.8	.072	.043	.048	III-1
	"-3	"	13	4.2	.213	.575	.091	6.7	.066	-0.017	.050	III-5
玄米	玄米-1	粉	24	-3.5	-0.072	1.155	.376	18.0	.140	.088	.059	III-3

注.* 番号は本報告の項目番号

抜で水分を問題にすることは非常に少ないので、育種試験にGQAを使用することには問題はなからう。

このようなことから、まだ残された問題もあろうがGQAは育種試験の粗タンパク質含量についての系統選抜に使用できるものと考えられる。

その場合、K値算出のための供試材料の選定は、情報が無い場合には第2図にみられるように ΔOD_p と粗タンパク質含量とのrはかなり高いので、玄米(Ⅲ-3-1)-(4)で行ったように、多数の材料(80~120点)について ΔOD_p だけを1回測定して、 ΔOD_p の分布の広い範囲から材料をよるようにして、選定するとよいであろう。

つぎに、K値算出のための ΔOD 測定は3回位が適当であろう、その3回も1回ごとにめかえて測定した方が精度は向上するであろう。また、K値算出後、実験室値とGQA計算値との差が大きい場合、明らかな測定ミス以外はその系統を除かずにK値を算出してよいであろう。さらに、GQA値測定は第1図にみられるように1回でもよいが、反復すればさらに良い結果が得られるだろうし、その反復の場合、粉のつめかえをすればなおさら良い結果が得られるものと考えられる。

GQAのホルダーにつめる量、すなわち試料は粉で約10gであるが、さらに少量にできないかについても検討を要するであろう。

GQAでの測定能率については1試料1回の反復なしの測定では1日当り約200~250点、 ΔOD はつめかえなしで3回の反復測定で約100~150点である。

なお、本研究で算出したK値を参考までに第9表に示した。本研究の当初、K値算出のプログラムの不備のためか、 K_1 及び K_5 以外のK値が1.0以上になるとGQAに置数できないのに、1.0以上の数値が算出されてきた。現在では、

プログラムを改良して K_1 及び K_5 以外に1.0以上の数値が算出されないようにしている。

K値の算出法については推測はできるが、詳細は著者らには知らされてはいない。

V 摘 要

育種試験のための品質検定方法を確立する一連の研究として、ネオテック社のGQAを用いて、二条オオムギ、六条オオムギ、ハダカムギ、コムギ及び麦芽の穀粒の粗タンパク質含量についてその測定方法を検討した。

1. GQAで測定するには、成分既知(実験室値)の材料の光学的密度の差(ΔOD)を測定し、この ΔOD と実験室値よりK値を算出したのち、K値をGQAに置数してはじめて成分未知の試料を測定することができる。

2. 粗タンパク質含量のGQA値と実験室値との相関係数は粉で測定した場合、0.71~0.99でありかなり高く、回帰の寄与率は50%以上であった。また、反復して測定した場合の5%水準における最少有意差は、二条オオムギでは0.7%以内であり、コムギでは1.2%であった。

3. K値を算出するための試料の選び方は測定しようとする集団のなかから、80~120点について ΔOD_p だけを1回測定し、 ΔOD_p の分布の広い範囲から20~25点を選定すればよい。

4. つぎに、K値算出のための ΔOD の測定回数は3回位が適当であり、その3回も1回ごとに粉をつめかえて測定すれば精度は向上する。

5. GQAの測定能率は、反復なしで測定する場合、1日当り200~250点、 ΔOD の測定ではつめかえを行わないで3回の反復測定では約100~150点の測定が可能である。

6. 以上の結果から、測定精度は多少劣るが、迅速で簡便な分析機であり、育種試験のための品質検定には十分使用できるものと考えさ

れた。

7. 今後の問題点としては、粒での分析精度の向上と水分について、及び試料の量については今後さらに検討が必要であろう。

著者らの他に本研究の一部に従事した栃木県農業試験場松永隆技師、同阿部盟夫主任研究員、玄米及びハダカムギの測定にそれぞれご協力をいただいた長野県農業試験場羽田丈夫技師、四国農業試験場加藤一郎室長、及びコムギの種子を分譲して下さった九州農業試験場福永公平室長に厚く御礼申し上げます。

引用文献

1. European Brewery Convention(1963) Analytica-EBC(Second Edition). Elsevier Publishing Company. Amsterdam-London-New York.
2. 川口数美・関口忠男・赤羽根朋子・松永隆久保野実(1976) 栃木農試研報. 21: 1~8.
3. Rosenthal, R. D. (1971) Introducing. The Grain Quality Analyzer. A Rapid and Accurate Means of Determining the Percent Moisture, Oil and Prot in Grain and Grain Products. NEOTEC Inst. Inc.