

小麦とその60%粉の窒素およびミネラル含量

—硬質小麦と軟質小麦の比較—*

福 岡 忠 彦**・堀 野 俊 郎

(中国農業試験場)

昭和63年10月31日受理

要 旨：製パンに用いられる硬質小麦と、麵用や菓子用として使われる軟質小麦の計21品種・銘柄について、原麦とその60%粉に含まれるN, P, K, Mg, Ca, Zn, Mnを分析定量し、それらの含量およびそれら相互間のバランスと小麦の用途との関係を調べた。

原麦、60%粉ともN, Mg, Ca, Mn含量は硬質小麦の方が軟質小麦よりも有意に高かった。またK含量は原麦で軟質小麦の方が有意に高く、Zn含量は60%粉で硬質小麦の方が有意に高かった。

1価アルカリ性ミネラルであるKと2価アルカリ性ミネラルであるMgとの化学当量比(Mg/K)をみると、原麦では硬質小麦が 1.21 ± 0.10 、軟質小麦が 0.87 ± 0.09 、60%粉では硬質小麦が 0.87 ± 0.21 、軟質小麦が 0.43 ± 0.06 であり、いずれも硬質小麦の方が有意に高く、小麦粉生地の粘弾性を反映していると考えられた。またMg/K値の原麦と60%粉間の相関も有意に高く($r=0.895$)、原麦でもって小麦粉の特性を評価できる可能性が推察された。

キーワード：硬質小麦、小麦粉、蛋白質、軟質小麦、ミネラル。

Differences in Nitrogen and Mineral Contents and Their Balance between Hard and Soft Wheats :
Tadahiko FUKUOKA and Toshiro HORINO (*Chugoku National Agricultural Experiment Station, Fukuyama, Hiroshima 721, Japan*)

Abstract : Twenty-one samples of hard and soft wheats (both grain and flour at 60% extraction rate) were analyzed for N, P, K, Mg, Ca, Zn and Mn and comparisons in contents and balance between hard and soft wheats were made.

In both grain and flour, N, Mg, Ca and Mn contents were significantly higher for hard wheats than for soft wheats. K content was significantly higher for soft wheats than for hard wheats in grain, and Zn content was significantly higher for hard wheats than for soft wheats in flour.

Mg/K chemical equivalent ratio was significantly higher for hard wheats than for soft wheats in both grain and flour, and was found to reflect the processing suitability of wheats. Correlation coefficient between grain and flour for Mg/K was significantly high ($r=0.895$).

Key words : Flour, Hard wheat, Mineral, Protein, Soft wheat.

小麦および小麦粉に含まれるミネラルについては、これまで多くの研究がなされており、ミネラル含量の品種間差と栽培地間差、所在部位別の含量、各ミネラル成分間またはミネラルと蛋白含量との間の相関関係などが論じられてきた。

Lorenzら⁶⁾は、硬質小麦と軟質小麦間でのミネラル含量の差を報告しており、Rasmussonら¹¹⁾、Kleeseら⁵⁾は、ミネラル含量の品種間差は大きく、かつ遺伝的であると述べている。またPetersonら⁹⁾は、ミネラル含量の品種間差をふすまと小麦粉それぞれについて調べ、栽培条件による変動はふすまのほうが大きいと報告している。

一方堀野ら³⁾は、ミネラル間の関係をミネラルバ

ランスとしてとらえ、主要ミネラルであるカリウムとマグネシウムの化学当量比(Mg/K)が、穀物の質的特性と関連をもつことを報告している。

本研究では、硬質小麦(強力、準強力粉としてパン用に使われる)と軟質小麦(中力、薄力粉として麵用、菓子用に使われる)について、原麦および60%粉の窒素、リン、カリウム、マグネシウム、カルシウム、亜鉛、マンガン含量およびそれら相互間の関係を調べた。

材料と方法

材料として、輸入小麦9銘柄および日本の栽培品種12品種を用いた(第1表)。輸入小麦は、日清製粉株式会社および製粉協会製粉研究所から、1983年と1984年に分譲を受けた原麦ならびに60%粉を供試した。日本の栽培品種は、中国農業試験場(広島県福山市)で、1983年と1985年に収穫した原麦と、

* 大要は、第177回(昭和59年4月)及び第178回(昭和59年10月)講演会において発表。

** 現在：農業研究センター。

Table 1. Wheat cultivars and classes studied.

No.	Cultivar or class	No.	Cultivar
1	No.1 Canada Western Red Spring (1.C.W)	11	Aoba-komugi
2	Dark Northern Spring (D.N.S)	12	Nanbu-komugi
3	Northern Spring (N.S)	13	Fukuho-komugi
4	Prime Hard	14	Fujimi-komugi
5	Hard Red Winter (H.R.W) High Protein (H.P)	15	Mikuni-komugi
6	H.R.W. Semi Hard (S.H)	16	Shinchunaga
7	H.R.W. Ordinary (Ord)	17	Shirasagi-komugi
8	Australia Standard White (A.S.W)	18	Asakaze-komugi
9	Western White	19	Shirogane-komugi
10	Takune-komugi	20	Seto-komugi
		21	Norin 61

それをビューラーテストミルで製粉した60%粉(歩留り60%に製粉調製した小麦粉)とを分析に供した。

輸入小麦の強力、準強力、中力、薄力の用途区分は日清製粉及び製粉研究所の基準によった。

原麦はRetsch超遠心粉碎機(0.5 mmのメッシュスクリーン)で粉碎した試料を、小麦粉については60%粉を、それぞれ85°Cで24時間通風乾燥した後、0.50 gを秤量して、化学分析に供した。

窒素(N)とリン(P)は、試料0.50 gを約350°Cで5～6時間硫酸分解した後、テクニコン製オートアナライザーII型により比色分析した。カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、亜鉛(Zn)およびマンガン(Mn)については、試料0.50 gに1%塩酸50 mlを加えて約半日間放置した後、ろ液を適宜1%塩酸で希釈し、Caの場合は塩化ランタン溶液を1%添加して、日立製偏光ゼーマン原子吸光光度計で分光分析した。

結 果

1. 原麦の成分含量と成分間の相関関係

分析の結果は第2表に示した。原麦のN含量は、乾物当たり1.44～2.75%の範囲にあった。蛋白含量は、強力粉から薄力粉にいたる用途区分の基準の一つになっているが、本結果でも強力小麦のN含量が高く、準強力小麦がそれに次ぎ、中力や薄力小麦のN含量は低かった。

ミネラル含量は、P、K、Mgの3元素の含量がとくに高く、乾物100 g当たり、Pは294～471 mg、Kは397～572 mg、Mgは126～170 mgの範囲にあった。これらのうち、Kについては中力小麦の含量が、またMgについては強力、準強力小麦の含量が高くなる傾向がみられた。しかしPについては用途との関

連は認められなかった。

次いで含量が高かったのはCaで、24.5～43.1 mgの範囲にあり、中力小麦で概して低含量であった。

Zn、Mnについてはそれぞれ、2.01～4.10 mg、2.43～4.83 mgの範囲にあり、共に強力小麦の含量が高かった。

各成分間の相関係数は第4表に示した。まずN含量とミネラル含量との相関関係をみると、Mg、Ca、Zn、Mn含量とは正、K含量とは負の有意な相関があった。しかしP含量との間には有意な相関は認められなかった。次にミネラル間の相関をみると、PとK、MgとZn、MgとMn、CaとMnの間には正の有意な相関が、またPとCa、KとMg、KとCa、KとMnの間には負の有意な相関が認められた。これらのうち、NとMg、Zn、Kの間およびMgとZnの間の相関関係は、Dikemanら¹⁾、Lorenzら⁶⁾の報告と一致するものであった。

2. 小麦粉の成分含量と成分間の相関関係

小麦粉(60%粉)の成分含量の分析結果は第3表に、また各成分間の相関係数は第4表に示した。小麦粉のN含量は、乾物当たり1.22～2.44%の範囲にあり、強力粉で最も値が高く、準強力粉がそれに次ぎ、中力粉と薄力粉では低かった。これは原麦での結果と同様であった。

主要ミネラルの含量についてみると、乾物100 g当たりPは84～155 mg、Kは103～201 mg、Mgは13.0～38.9 mgの範囲にあった。Mgについてみると、原麦の場合と同じく、N含量との間に高い正の相関があり、強力粉や準強力粉で含量が高くなる傾向があった。P含量と用途との間には明確な対応関係はみられず、またK含量とN含量との間にも有意な相関は認められなかった。

Ca、Zn、Mnの含量については、乾物100 g当たり、

Table 2. Minerals, nitrogen contents and their balance in wheat grain.

Wheat class	Class or cultivar	N	P	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Mg/K	N•Mg/K
		%, d.b.	mg/100g, d.b.						Eq/Eq	%•Eq/Eq
Hard	1.C.W	2.69	411	397	163	31.8	4.10	4.72	1.32	3.55
	D.N.S	2.65	379	422	167	36.0	3.51	4.83	1.27	3.37
	N.S	2.64	391	412	170	42.5	3.27	4.73	1.33	3.50
	Prime Hard	2.75	294	397	135	43.1	3.21	4.58	1.09	3.01
Semi Hard	H.R.W (H.P)	2.36	351	412	153	40.4	2.85	4.12	1.19	2.82
	H.R.W (S.H)	2.15	358	405	149	39.8	2.58	4.09	1.18	2.54
	H.R.W (Ord)	1.96	389	445	150	38.5	2.40	4.24	1.08	2.12
Mean of hard and semi hard		2.46	368	413	155	38.9	3.13	4.47	1.21	2.99
Medium	A.S.W	1.90	294	453	134	33.0	2.01	4.35	1.95	1.81
	Takune-komugi	1.70	449	560	126	32.8	2.70	3.09	0.72	1.23
	Aoba-komugi	1.69	420	525	136	25.7	2.58	2.43	0.83	1.41
	Nanbu-komugi	1.87	471	541	149	30.2	2.81	3.36	0.89	1.66
	Fukuho-komugi	1.44	423	558	135	29.2	2.55	3.56	0.78	1.12
	Fujimi-komugi	1.54	406	501	144	27.7	2.73	3.98	0.92	1.42
	Mikuni-komugi	1.60	388	523	133	28.2	2.69	2.85	0.82	1.31
	Shinchunaga	1.71	446	572	144	31.5	2.78	3.92	0.81	1.38
	Shirasagi-komugi	1.67	406	447	147	25.3	2.79	4.61	1.06	1.77
	Asakaze-komugi	1.44	363	495	134	24.5	2.69	3.90	0.87	1.25
	Shirogane-komugi	1.54	371	467	134	25.8	2.58	4.16	0.92	1.42
	Seto-komugi	1.48	366	501	132	25.3	2.50	3.93	0.85	1.25
	Norin 61	1.46	424	545	136	25.3	2.74	3.34	0.80	1.17
	Western White	1.70	317	452	131	39.2	2.17	3.80	0.93	1.58
Mean of medium and soft		1.62	396	510	137	28.8	2.59	3.66	0.87	1.41

Table 3. Minerals, nitrogen contents and their balance in wheat flour (at 60% extraction rate).

Wheat class	Class or cultivar	N	P	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Mg/K	N•Mg/K
		%, d.b.	mg/100g, d.b.						Eq/Eq	%•Eq/Eq
Hard	1.C.W	2.43	129	103	38.7	13.9	1.19	0.46	1.21	2.94
	D.N.S	2.30	113	121	37.4	15.9	0.95	0.48	0.99	2.29
	N.S	2.37	121	121	38.9	16.4	0.88	0.52	1.03	2.45
	Prime Hard	2.44	102	141	31.9	21.2	0.88	0.74	0.73	1.78
Semi Hard	H.R.W (H.P)	2.19	107	136	29.0	21.1	0.68	0.45	0.69	1.50
	H.R.W (S.H)	1.94	106	126	29.6	20.2	0.66	0.44	0.76	1.47
	H.R.W (Ord)	1.61	100	127	27.0	19.3	0.50	0.42	0.68	1.10
Mean of hard and semi hard		2.18	111	125	33.2	18.3	0.82	0.50	0.87	1.93
Medium	A.S.W	1.64	92	159	26.6	16.9	0.53	0.50	0.54	0.88
	Takune-komugi	1.52	155	201	31.1	18.1	0.84	0.44	0.50	0.76
	Aoba-komugi	1.51	115	162	21.0	12.5	0.68	0.18	0.42	0.63
	Nanbu-komugi	1.65	113	123	19.3	14.7	0.63	0.33	0.50	0.83
	Fukuho-komugi	1.23	92	127	13.0	16.4	0.44	0.21	0.33	0.40
	Fujimi-komugi	1.28	99	139	16.2	14.0	0.57	0.28	0.37	0.48
	Mikuni-komugi	1.34	106	160	22.1	12.8	0.56	0.16	0.44	0.60
	Shinchunaga	1.47	101	117	17.0	14.6	0.63	0.24	0.47	0.69
	Shirasagi-komugi	1.40	93	104	15.0	12.7	0.65	0.27	0.46	0.65
	Asakaze-komugi	1.24	84	116	15.6	12.6	0.59	0.24	0.43	0.54
	Shirogane-komugi	1.29	85	118	13.6	13.2	0.54	0.24	0.37	0.48
	Seto-komugi	1.26	90	136	17.1	13.6	0.55	0.31	0.40	0.51
	Norin 61	1.22	93	136	13.8	14.1	0.60	0.27	0.33	0.40
	Western White	1.41	84	156	19.6	20.4	0.44	0.57	0.40	0.57
Mean of medium and soft		1.39	100	140	18.6	14.8	0.59	0.30	0.43	0.60

Table 4. Correlation coefficients between contents of seven elements (Grain above the diagonal and flour below the diagonal).

	N	P	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Mg/K	N・Mg/K
N		-0.290	-0.767	0.722	0.758	0.698	0.623	0.868	0.974
P	0.474		0.648	0.145	-0.439	0.224	-0.428	-0.314	-0.288
K	-0.204	0.372		-0.554	-0.632	-0.381	-0.760	-0.900	-0.836
Mg	0.902	0.663	0.065		0.424	0.682	0.607	0.856	0.815
Ca	0.478	0.124	0.256	0.458		0.182	0.449	0.626	0.707
Zn	0.795	0.698	-0.158	0.785	0.034		0.430	0.619	0.716
Mn	0.734	0.222	0.112	0.704	0.775	0.440		0.775	0.705
Mg/K	0.916	0.502	-0.332	0.913	0.283	0.830	0.588		0.954
N・Mg/K	0.947	0.491	-0.323	0.907	0.299	0.855	0.621	0.990	

$r(0.001)=0.665$, $r(0.01)=0.549$, $r(0.05)=0.433$.

Caが12.5～21.2 mg, Znが0.44～1.19 mg, Mnが0.16～0.74 mgの範囲にあった。Ca含量は強力粉や準強力粉では高く、中力粉では低かった。しかし強力粉の中でも製パン性が良いといわれる銘柄ではむしろ低含量であり、この傾向は原麦の場合と同様であった。ZnおよびMn含量は、強力粉で高含量、中力粉で低含量であり、ともに原麦の場合と同じくN含量との間に高い正の相関があった。

次に小麦粉におけるミネラル成分間の相関をみると、PとMg, PとZn, MgとZn, MgとMn, MgとCa, CaとMn, ZnとMnの含量の間にそれぞれ正の有意な相関が認められた。このうち原麦でも同じ関係がみられたのは、MgとZn, MgとMnおよびCaとMn間であった。

なお小麦粉についてのこれまでの報告では、Petersonら⁹⁾は蛋白含量とP, Mg, Ca, Zn, Mnとは正、Kとは負の有意な相関があるとしており、またPomeranzら¹⁰⁾は蛋白含量とZn, Lorenzら⁷⁾は蛋白含量とMg, Znとの正の有意な相関を指摘している。

考 察

1. ミネラルバランス

分析の結果から小麦および小麦粉に含まれる主要ミネラルはP, K, Mgの3元素であった。このことは他のイネ科穀物でも同様で、堀野ら³⁾はこのうち1価アルカリ性ミネラルであるKと2価のMgとについて、そのバランスの検討を行い、Mg/K化学当量比($Mg \div 12.16 / K \div 39.1$)が穀物の種ごとにある程度固有の範囲にあることを示し、Mg/K値が穀物の質的特性となんらかの関連を有する可能性を推察している。さらに堀野ら⁴⁾はコメについて、胚乳中にあるアミノ酸と結合するKとMgの割合がでんぷん内架橋に関係し、ひいては白米の粘弾性につながる可能

性のあることを推察している。また岡本ら⁸⁾は、米飯の官能検査における粘り値とMg/KやMg/(K・N)値との間に高い正の相関がみられることから、これらの成分バランスが粘弾性に関与しているらしいことを指摘している。小麦においても用途特性としての製パン性や製麺性は、小麦粉生地の粘弾性と深く関わっている。そこでパン用の硬質小麦と麺用、菓子用の軟質小麦とでMg/K化学当量比に差がみられるかどうかを検討した。

まず原麦についてみると、強力粉や準強力粉として使われる硬質小麦のMg/K値は1.08～1.33の範囲にあって平均値が1.21であるのに対し、中力粉や薄力粉として使われる軟質小麦では0.72～1.06の範囲にありその平均値は0.87と前者より小さな値となった(第2表)。このことは小麦粉の場合も同様で、Mg/K値は強力粉および準強力粉で0.68～1.21、中力粉および薄力粉では0.33～0.54の範囲にあり、平均値はそれぞれ0.87, 0.43であった(第3表)。また硬質小麦のみについてみた場合も、強力粉用小麦のほうが準強力粉用小麦より原麦、小麦粉いずれの場合にもMg/K値が大きくなる傾向があり、なかでも製パン性が特に優れるとされている1. C. W.の値は最も大きかった。一方、Prime Hardのように、高蛋白で硬質小麦に区分されながら、パン用よりむしろ中華麺用として用いられることの多い銘柄では、Mg/K値は小さかった。

以上から、Mg/K値が小麦粉生地の粘弾性の大小を推定する指標となる可能性が考えられるが、小麦粉の物理的特性には蛋白質の存在が重要であるので、粘弾性の指標としてさらに窒素を加えたN・Mg/Kについても検討した。その値は小麦粉の用途区分によく対応した(第2, 3表)。

Table 5. Correlation coefficients between grain and flour for contents of seven elements.

N	P	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Mg/K	N•Mg/K
0.994**	0.445*	0.342	0.623**	0.879**	0.905**	0.571**	0.895**	0.969**

*, ** Significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

2. 成分含量の原麦と小麦粉との間の相関関係

原麦の成分含量に対する小麦粉の成分含量の割合を第2, 第3表から計算すると, Nが87%, Pが28%, Kが29%, Mgが18%, Caが49%, Znが25%, Mnが10%となり, Pomeranzら¹⁰⁾の報告と概ね一致する。すなわち窒素はその大部分が胚乳に, またミネラルはその大部分が胚乳部以外に存在しているが, 所在を著しく異にするにもかかわらず, 原麦においても小麦粉においてもN含量とミネラル, 特にMg, Zn含量との間に高い正の相関がみられるのは興味深い。とりわけMgについては, 原麦の含量に対する小麦粉の含量の割合が, 硬質小麦では21%であるのに対し, 軟質小麦では14%となり, マグネシウムと小麦粉生地の粘弾性との間に何らかの関わりが推察される。

成分含量の原麦と小麦粉との間の相関係数は, Kを除くN, P, Mg, Ca, Zn, Mnで有意な相関がみられた(第5表)。Lorenzら⁷⁾も蛋白質, Ca, Znで両者の間に有意な相関を認めているが, Mgについては有意な相関はなかったとしている。またPetersonら⁹⁾は, ふすまと小麦粉との間の相関が, Mg, P, K, Mn, Znでは高く, 蛋白質やCaでは低かったと報告している。ミネラルのように胚乳部に存在する割合が小さい成分でも原麦と小麦粉との間に高い相関がみられるということは, 小麦粉の用途特性や栄養価等を少量の原麦の成分分析によって評価, 推定できる可能性を示したものであることができるであろう。

謝 辞

本研究にあたり貴重な輸入小麦を恵与された日清製粉株式会社中央研究所岡田憲三室長, 製粉協会製粉研究所渡辺修所長に謝意を表します。

引用文献

1. Dikeman, E., Y. Pomeranz, and F. S. Lai 1982. Minerals and protein contents in hard red winter wheat. *Cereal Chem.* 59 : 139–142.
2. Hinton, J. J. C. 1959. The distribution of ash in the wheat kernel. *Cereal Chem.* 36 : 19–31.
3. 堀野俊郎・原城隆・阿江教治 1983. イネ科穀物のリン, カリウム, マグネシウム含量とそのバランス. *日作紀* 52 : 461–467.
4. ———・福岡忠彦・脇本賢三・塩谷哲夫・阿江教治 1984. 水稻玄米のミネラル組成からみた米飯嗜好性の特徴. *日作紀* 53 (別1) : 226–227.
5. Kleese, R. A., D. C. Rasmusson and L. H. Smith 1968. Genetic and environmental variation in mineral element accumulation in barley, wheat and soybeans. *Crop Sci.* 8 : 591–593.
6. Lorenz, K. and R. Loewe 1977. Mineral composition of U. S. and Canadian wheats and wheat blends. *J. Agric. Food Chem.* 25 : 806–809.
7. Lorenz, K., R. Loewe, D. Weadom and W. Wolf 1980. Natural levels of nutrients in commercially milled wheat flours. III. Mineral analysis. *Cereal Chem.* 57 : 65–69.
8. 岡本正弘・堀野俊郎・福岡忠彦・篠田治躬 1985. 玄米の窒素及び主要ミネラル含量と食味との関連について. *育雑* 35 (別2) : 250–251.
9. Peterson, C. J., V. A. Johnson and P. J. Mattern 1983. Evaluation of variation in mineral element concentrations in wheat flour and bran different cultivars. *Cereal Chem.* 60 : 450–455.
10. Pomeranz, Y. and E. Dikeman 1983. Minerals and protein contents in hard red winter wheat flours. *Cereal Chem.* 60 : 80–82.
11. Rasmusson, D. C., A. J. Hester, G. N. Fick and I. Byrne 1971. Breeding for mineral content in wheat and barley. *Crop Sci.* 11 : 623–626.