

異なる土壌条件に生育したコムギの胚乳と粉の走査型電子顕微鏡観察*

佐藤 暁子・小柳 敦史**・和田 道宏**・松田 智明***

(東北農業試験場・**農業研究センター・***茨城大農)

1992年6月3日受理

要 旨: 異なる土壌に生育したコムギ品種農林 61 号の胚乳と粉の微細構造を走査型電子顕微鏡により観察し、製粉歩留の高いカナダ産硬質コムギと比較検討した。農林 61 号では灰色低地土で生育し粗タンパク含量が中程度の子実と比べ、赤色土で生育し粗タンパク含量の低い子実では、胚乳と粉の内部に空隙が多く 1 次、2 次デンプン粒が明瞭に認められた。一方、黒ボク土で生育し粗タンパク含量が高い子実では、胚乳と粉の内部に空隙が少なく、デンプン粒間には protein matrix が多く、デンプン粒の抜け落ちた跡が鋳型状に protein matrix 上に明瞭に認められた。赤色土に堆肥施用と窒素追肥の土壌改善を行い、粗タンパク含量が増加した子実では、胚乳や粉のデンプン粒間の空隙をうめるように protein matrix が増加した。このように土壌や窒素施肥の違いにより胚乳や粉の微細構造はかなり異なったが、製粉歩留や粉の比表面積には違いがなかった。一方、粗タンパク含量が高く製粉歩留が高いカナダ産硬質小麦の胚乳や粉では、デンプン粒は板状の protein matrix の中に塗り固められ、デンプン粒が識別しにくかった。また、その粉では、ひとつの細胞そのものが粉の粒子となっているものも多かった。これらのことから、コムギの製粉性や粉の形状の違いには protein matrix の量よりもそのデンプン粒を結合する物理的性質の違いの影響が大きいと考えられた。

キーワード: 黒ボク土、製粉歩留、粗タンパク含量、窒素施肥、デンプン粒、土壌型、比表面積、プロテインマトリックス。

A Scanning Electron Microscopic Study of Endosperm and Flour of Wheat Grown in Different Soil Conditions: Akiko SATO, Atsushi OYANAGI**, Michihiro WADA**, and Toshiaki MATSUDA*** (*Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka 020-01; **National Agriculture Research Center, Tsukuba 305; ***Faculty of Agriculture, Ibaraki University, Ami, Ibaraki 300-03, Japan*)

Abstract: We investigated the fine-structure of endosperm and flour of wheat cultivar Norin 61, grown in different soil types and in different nitrogen fertilizer conditions with scanning electron microscope; compared with hard wheat imported from Canada (1CW), it had high flour yield. The endosperm and flour of Norin 61 having low protein content grown in Red Soil had numerous openings and few protein matrix and primary and secondary starch granules were distinctly visible compared with those of Norin 61 having middle protein content grown in Gray Lowland Soil. On the other hand, the endosperm and flour of Norin 61 having high protein content grown in Andosol had few openings and numerous protein matrix and the trace of which starch granules drawn out were distinctly visible on more protein matrix. Nitrogen topdressing on Norin 61 in Red Soil increased protein content in wheat grain and the openings among starch granules were filled with more protein matrix. Though there were many differences of the fine-structure of endosperm of Norin 61 due to soil type or nitrogen topdressing, the flour yield and specific surface area of flour of these Norin 61 did not differ. In the endosperm and flour of 1CW, starch granules were not visible and embedded in plate of protein matrix. Some granules in flour of 1CW were cell itself. The physical nature of protein matrix joining starch granules together probably affects flour yield and shape of flour.

Key words: Andosol, Crude protein content, Flour yield, Nitrogen fertilization, Protein matrix, Soil types, Specific surface area, Starch granules.

著者らは前報⁷⁾において、生育する土壌や施肥条件が異なると子実や粉の粗タンパク含量、灰分含量及び「めん」の粘弾性には差異を生じるが、製粉歩留には大きな違いがないことを報告した。一般に粗タンパク含量が高く、パン用に用いられるカナダ産硬質コムギ (1CW) は製粉歩留が高いことが知られている。本報では、異なる土壌条件で生育し、粗タンパク含量が異なる農林 61 号および製粉歩留の高

い 1CW の胚乳と粉の微細構造を走査型電子顕微鏡 (SEM) により比較検討した。

材料と方法

農林 61 号の栽培は、前報⁷⁾と同じ茨城県つくば市の農業研究センターにある大型枠圃場で行った。土壌、施肥条件は、第 1 表のとおりである。土壌、施肥条件による出穂期や成熟期の違いは 1~2 日程度であり、登熟期間中の気象条件はどの土壌、施肥条件もほぼ同じであった。子実の粗タンパク含量は硫

* 大要は、日本作物学会第 192 回講演会 (1991 年 11 月) で発表。

Table 1. Soil type, fertilizer condition and the main characters of materials.

Cultivar	Soil type	Stable manure (kg/10a)	Nitrogen fertilizer (kg/10a)				Crude protein content (%)	
			Basal	Dressing 1*	Dressing 2	Dressing 3	Grain	Flour
Norin 61	Gray Lowland Soil	0	5	—	2	—	10.4	9.1
	Red Soil	0	5	—	2	—	7.3	6.2
	Andsol	0	5	—	2	—	12.2	10.3
	Red soil	1500	5	3	3	3	10.4	8.7
1CW (Hard wheat imported from Canada)							13.8	12.9

Cultivar	Flour yield (%)	Specific surface area (cm ² /g)
Norin 61	61	3507
	62	3610
	62	3470
	61	3628
1CW	73	1663

* Dressing 1, 2, 3: Topdressing at tillering stage, floret differentiation stage and full heading date, respectively.

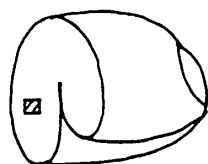


Fig. 1. The part of observation in endosperm.

酸で湿式分解後オートアナライザー(テクニコン社)で比色測定した窒素含有率に5.7を乗じて求めた。また、製粉はクオーデラマットジュニアII(ブラベnder社)で行い製粉歩留を求めた後、上位より60%の粉を採取し60%粉とした。60%粉についてブレン空気透過装置(粉末度測定装置)を用いて比

表面積を測定した。SEM観察のため、胚乳は乾燥子実を割断し試料台に接着して1時間真空乾燥後、約300Åの厚さに金蒸着を行った。胚乳の観察は第1図に示した部位について行った。60%粉については、250μmのステンレスふるいでふるいながら試料台に薄く接着し、胚乳とほぼ同様の手順で約330Åの厚さに金蒸着を行って観察した。

結 果

第1表に供試した農林61号および1CWの主な特性を示した。土壌条件の違いにより、農林61号の子実の粗タンパク含量は7.3~12.2%，60%粉の粗

Explanation of figures (Fig. 2-11.)

Fig. 2. Endosperm of Norin 61 grown in Gray Lowland Soil.

s: primary starch granule, →: secondary starch granule, p; protein matrix.

(These symbols are same in Fig 3-6.)

Fig. 3. Endosperm of Norin 61 grown in Red Soil.

Fig. 4. Endosperm of Norin 61 grown in Andsol.

Fig. 5. Endosperm of Norin 61 received nitrogen supplied with topdressing three times in Red Soil.

Fig. 6. Endosperm of 1CW imported from Canada.

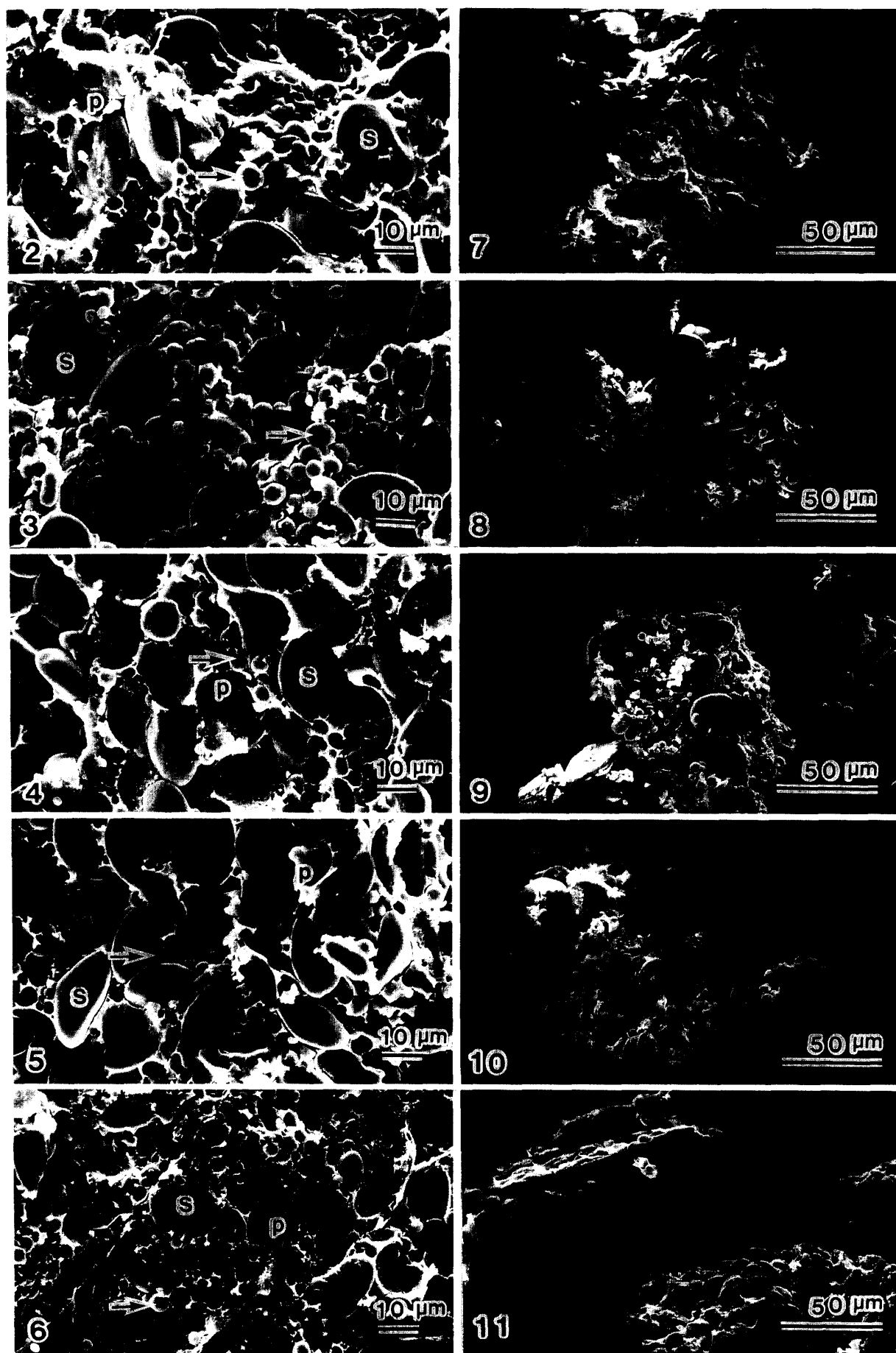
Fig. 7. Flour of Norin 61 grown in Gray Lowland Soil.

Fig. 8. Flour of Norin 61 grown in Red Soil.

Fig. 9. Flour of Norin 61 grown in Andsol.

Fig. 10. Flour of Norin 61 received nitrogen supplied with topdressing three times in Red Soil.

Fig. 11. Flour of 1CW imported from Canada.



タンパク含量は6.2~10.3%と異なったが、製粉歩留、比表面積には大きな違いが認められなかった。

1 CW は、子実の粗タンパク含量が13.5%、60%粉の粗タンパク含量が12.9%、製粉歩留は73%と高く、比表面積は小さかった。

土壌条件を異にして生育した農林61号の胚乳のSEM像を第2~5図に示した。灰色低地土で生育し粗タンパク含量が中程度の子実の胚乳(第2図)に比べ、赤色土で生育し粗タンパク含量が低い子実の胚乳(第3図)は、protein matrix が少なく、大きい1次デンプン粒と小さい2次デンプン粒が明瞭に識別できた。これに対し、黒ボク土で生育し粗タンパク含量が高い子実の胚乳は、protein matrix の量が多く、1次、2次デンプン粒の抜け落ちた跡に、protein matrix が鑄型状に認められた(第4図)。また、第3図でみた赤色土に、堆肥施用と3回の窒素追肥を行った結果、灰色低地土で生育したコムギとほぼ同じ粗タンパク含量となった。その子実の胚乳を観察すると(第5図)、第3図の粗タンパク含量の低い子実に比べ、デンプン粒間のprotein matrix が増加していた。このように、土壌や窒素施肥法の違いにより子実の粗タンパク含量が増加すると、デンプン粒間の空隙をうめるprotein matrix が増加した。

一方、粗タンパク含量が高く製粉歩留の高い1 CW の胚乳(第6図)では、デンプン粒は板状のprotein matrix の中に塗り固められたように埋没しており、農林61号に比べ1次、2次デンプン粒とも認めにくかった。

次に、土壌条件を異にして生育した農林61号の60%粉のSEM像を第7~10図に示した。赤色土で生育し粗タンパク含量が低い粉粒子(第8図)では、灰色低地土で生育し粗タンパク含量が中程度の粉粒子や黒ボク土で生育し粗タンパク含量が高い粉粒子(第7, 9図)に比べ、デンプン粒間のprotein matrix が少なく、粉粒子の中の空隙が大きい傾向が認められた。しかし、同じ赤色土でも、堆肥施用や窒素追肥を行って、灰色低地土で生育したものとほぼ同じ粗タンパク含量となった粉粒子(第10図)では、デンプン粒間のprotein matrix の量が増加していた。一方、製粉性の良い1 CW の粉(第11図)では、粉粒子内に空隙がほとんど認められず、デンプン粒はprotein matrix の中に埋没して識別しにくく、ひとつの細胞の形で粉の粒子となっているものも多かった。

考 察

二条オオムギでは、基肥窒素が多いほど硬質粒の発生が高まり⁶⁾、硬質粒はprotein matrix の蓄積が多い^{5,6)}ことが報告されている。本報では、土壌や窒素施肥の違いにより粗タンパク含量が異なるコムギの胚乳と粉の観察から、子実の粗タンパク含量が増加すると、デンプン粒間の空隙をうめるようにprotein matrix が増加することが認められた。しかし、これらの違いは製粉歩留や粉の比表面積には影響を及ぼさなかった。一方、製粉歩留が高いカナダ産硬質小麦(1 CW)の胚乳では、デンプン粒は板状のprotein matrix の中に塗り固められ、1次、2次デンプン粒が認めにくかった。また、その粉では、ひとつの細胞の形で粉の粒子となっているものも多く、粉粒子内には空隙がなくデンプン粒はprotein matrix の中に埋もれ識別しにくかった。これらのことから、コムギの製粉性や粉の形状の違いにはprotein matrix の量よりもそのデンプン粒を結合する物理的性質の違いの影響が大きいと考えられた。コムギの胚乳のprotein matrix やデンプン粒の形成過程が詳細に報告されている^{1,2,3,4)}が、それら形成過程の品種間差異や栽培条件による差異および製粉性との関係についての報告は見あたらず今後の課題である。

謝辞: 本研究を実施するにあたり茨城大学農学部 の長南信雄教授、土屋哲郎助手及び作物学研究室の皆様にはご指導、ご協力をいただき、衷心より感謝致します。

引用文献

1. Bechtel, D. B., R. L. Gaines and Y. Pomeranz 1982. Early stages in wheat endosperm formation and protein body initiation. *Ann. Bot.* 50: 507-518.
2. ——— and ——— 1982. Protein secretion in wheat endosperm-formation of the matrix protein. *Cereal Chem.* 59: 336-343.
3. ———・I. Zayas, L. Kaleikau and Y. Pomeranz 1990. Size-distribution of wheat starch granules during endosperm development. *Cereal Chem.* 67: 59-63.
4. Campbell, W. P., J. W. Lee, T. P. O'Brien and M. G. Smart 1981. Endosperm morphology and protein body formation in developing wheat grain. *Aust. J. Plant Physiol.* 8: 5-19.
5. 星川清親・富永英子 1989. 二条オオムギのガラス質粒について—胚乳デンプン貯蔵細胞内部の形態的

-
- 発達一. 日作紀 58 (別 1) : 232—233.
6. 早乙女和彦・星川清親・伊藤 浩・宮川三郎 1991. 醸造用二条オオムギの硬質粒に関する研究. 栃木県農試研報 38 : 37—58.
7. 佐藤暁子・小柳敦史・末永一博・渡辺 修・川口數美・江口久夫 1992. コムギ品質におよぼす土壌と窒素, リン酸施肥の影響. 日作紀 61 : 616—622.
-