

## 日本麺用コムギにおける *Glu-A1* 座と *Glu-D1* 座支配のグルテニンサブユニット構成、タンパク質含有率の違いが製麺適性に及ぼす影響

谷中美貴子<sup>1)</sup>・高田兼則<sup>1)</sup>・船附稚子<sup>1)</sup>・石川直幸<sup>1)</sup>・高橋肇<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup> 農研機構西日本農業研究センター, (<sup>2)</sup> 山口大学農学部)

**要旨:** 本研究は, *Glu-A1* 座と *Glu-D1* 座の対立遺伝子の違いによりグルテニンサブユニット構成が異なる 4 種類の日本麺用コムギの準同質遺伝子系統を, 異なる開花期窒素施肥量で栽培し, 得られた小麦粉を用いて, サブユニット構成, タンパク質含有率の違いが製麺適性に及ぼす影響について解析したものである. *Glu-A1* 座に支配されるサブユニットが欠失し, かつ, *Glu-D1* 座に支配されるサブユニット 2.2+12 を持つ系統では, 製麺時の生麺の引張強度が小さく, ゆで麺の破断強度と変形量が小さくなり, 生麺が切れやすく, ゆで麺が軟らかく, 細くなったことを示した. これは生地物性の弱さに由来すると考えられた. 高タンパク質化すると, 生麺の引張強度が小さく, 変形量が大きく, ゆで麺の破断強度と変形量が大きくなり, 生麺が伸びやすく, ゆで麺がかたく, 太くなったことを示した. この結果は, 高タンパク質化により吸水率が高くなり, 生地物性が質的に弱くなった生地特性を反映していると考えられた. また, 高タンパク質化により, 既報と同様, 小麦粉の色相は悪くなった. 以上の結果から, 日本麺の製麺適性において重要である, 生麺の作業性とゆで麺の食感, 色相を保持するためには, グルテニンサブユニット構成が *Glu-A1* 座支配のサブユニットが欠失し, かつ, *Glu-D1* 座支配のサブユニット 2.2+12 を持つ組合せではないこと, タンパク質含有率を適度に高めることが望ましいと考えられた.

**キーワード:** 生地物性, 高分子量グルテニンサブユニット, コムギ, 製麺適性, タンパク質含有率.

国内で生産されるコムギの多くは日本麺用であり, 日本麺用における国産コムギの使用割合は 6 割を超える (農林水産省 2011). 日本麺用コムギの品質特性において, ゆで麺の色相と食感は特に重要である (Hou 2001). 色相は明るく冴えた黄色みがある ‘クリーミーホワイト’ が良好とされ, 食感は軟らかいものの表面の硬さがあり, 粘弾性があり, 滑らかな食感がよいとされる (Crosbie ら 1998, Hou 2001). 色相は小麦粉に含まれる色素やポリフェノールオキシダーゼなどの酵素の影響を受ける (Baik ら 1995, Hou 2001). また, タンパク質含有率が高まると, 明度が低下し, くすみが増加することが知られている (Baik ら 1995, Yun ら 1997, 高山ら 2004).

一方, ゆで麺の食感は主に澱粉の影響を受け, 澱粉中のアミロース含有率がゆで麺の粘弾性と密接に関係する (Oda ら 1980, Toyokawa ら 1989). アミロース合成に関わる Wx-B1 タンパク質が欠失することによりアミロース含有率がやや低くなった “やや低アミロース” がゆで麺の粘弾性に最適であると報告されている (Miura and Tanii 1994, Nakamura ら 2002). “やや低アミロース” を選抜するための DNA マーカーも開発され (齊藤ら 2006), 近年, 育成された日本麺用品種のゆで麺の粘弾性評価は高まっている.

ゆで麺の食感はタンパク質の影響も受け, その量と質の両方がゆで麺の食感だけでなく, 製麺時の作業性にも影響する (Park and Baik 2009). ゆで麺の硬さやかみ応えなどの食感を表す数値は, コムギタンパク質であるグルテンの特性を表す, SDS 沈降量, ミキソグラフのミキシング時間, 不溶性グルテニンの量と正の相関にあることが報告されて

いる (Baik ら 1994b, Yun ら 1996, Hu ら 2007). また, このことは澱粉とグルテンの再構成粉を用いて作製した麺において, 物性が強いグルテンがゆで麺の硬さや粘弾性指標値を高めたことから明らかにされている (谷藤ら 2003). グルテンの量, すなわち, タンパク質含有率は, 農林水産省の経営所得安定対策の畑作物の直接支払交付金における品質評価基準の評価項目の 1 つであり, 用途別に基準値が規定されており, 日本めん用では 9.7%~11.3% となっている (農林水産省 2016). タンパク質含有率はゆで麺の硬さと正の相関にあることが報告されている (Oh ら 1985, Baik ら 1994a, Yun ら 1996, Park ら 2003, Hu ら 2007). 色相が悪くなることを抑えるために日本麺用では中庸がよいとされている. グルテンの質はグルテンを構成するグルテニンやグリアジンなどの遺伝子型構成により決定される. グルテニンは高分子量グルテニンサブユニットと低分子量グルテニンサブユニットに分けられ, 高分子量グルテニンサブユニットは 3 つの対立遺伝子 (*Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*) を持つ *Glu-1* 座, 低分子量グルテニンサブユニットは 3 つの対立遺伝子 (*Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3*) を持つ *Glu-3* 座に支配される. *Glu-D1* 座に支配されるサブユニット (以下, *Glu-D1* 座サブユニット) のうち, サブユニット 5+10 は生地物性を強め, 製パン性を高める効果が高いこと (Payne ら 1979, Moonen ら 1982, Branlard and Dardevet 1985, Lawrence ら 1987, Payne ら 1987, Takata ら 2002), 日本麺用コムギに導入するとゆで麺の破断強度が大きくなることが報告されている (Yanaka ら 2007). サブユニット 2.2+12 はサブユニット 5+10 やサブユニット 2+12 より

生地物性が弱いことが明らかにされている (Takata ら 2000, 2002). また, *Glu-A1* 座に支配されるサブユニット (以下, *Glu-A1* 座サブユニット) が欠失すると, 生地物性が弱く, 製パン性が低下することが知られている (Payne ら 1979, Moonen ら 1982). *Glu-A1* 座サブユニットが欠失し, かつ, *Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 を持つと, *Glu-A1* 座サブユニット 1 や *Glu-D1* 座サブユニット 2+12 と比べて顕著に生地物性が弱いことが明らかにされている (高田ら 2008, 谷中ら 2016). さらに, *Glu-3* 座では, *Glu-A3* 座の *Glu-A3b* や *Glu-A3d* が, *Glu-B3* 座の *Glu-B3g*, *Glu-B3b* が生地物性を強める効果が高いことが知られている (Gupta ら 1991, Gupta ら 1994, Tabiki ら 2006, Ito ら 2011, Zhang ら 2012). このようにグルテニンサブユニット構成が生地物性や製パン性に及ぼす影響については数多く報告されているが, 日本麴の製麺適性に及ぼす影響についての報告は少ない.

日本における日本麴用品種の大部分は軟質であり, その高分子量グルテニンサブユニット構成は, *Glu-A1* 座サブユニットは 1, 2\*, 欠失のいずれかであり, *Glu-D1* 座サブユニットは 2+12 または 2.2+12 である場合が多い (Nakamura ら 1999). 日本麴用品種のサブユニットのうち, *Glu-A1* 座サブユニットが欠失し, かつ, *Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 を持つ場合, グルテニンが重合した不溶性ポリマータンパク質の割合が低く, 生地物性が最も弱くなることが示されている (高田ら 2008, 谷中ら 2016). また, *Glu-A1* 座サブユニットが欠失すると, *Glu-A1* 座サブユニットを持つ場合に比べて, タンパク質含有率の増加に対して不溶性ポリマータンパク質の量が高まりにくいことが示されている (谷中ら 2011, 2016). したがって, 日本麴用コムギにおいて, グルテニンサブユニット構成が異なれば同じタンパク質含有率であっても不溶性ポリマータンパク質の量が異なり, 生麴の物理性やゆで麴の食感などの製麺適性が異なることや, タンパク質含有率を高めても, 製麺適性が向上しない場合があることが推定される.

そこで, 本研究では, 日本麴用コムギの *Glu-A1* 座と *Glu-D1* 座に支配されるサブユニット構成とタンパク質含有率の違いが, 製麺適性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として, これらのサブユニット構成の異なる準同質遺伝子系統を開花期窒素追肥量の異なる条件で栽培して得られたタンパク質含有率の異なる小麦粉を用いて, 製麺適性と小麦粉品質について評価した.

## 材料と方法

### 1. 供試材料と栽培方法

反復親を日本麴用コムギ品種「ふくさやか」(石川ら 2005) とする *Glu-A1* 座, *Glu-D1* 座の遺伝子に支配される高分子量グルテニンサブユニットに関する 4 種類の準同質遺伝子系統 (高田ら 2008) を用いた. 供試した準同質遺伝子系統の高分子量グルテニンサブユニット構成を第 1 表に示す. 各系統の *Glu-A1* 座, *Glu-B1* 座, *Glu-D1* 座に支配されるグルテニンサブユニット構成は, 系統 A: 1, 7+8,

2+12, 系統 B: 1, 7+8, 2.2+12, 系統 C: null (欠失), 7+8, 2+12, 系統 D: null (欠失), 7+8, 2.2+12 であり, 反復親の「ふくさやか」は系統 D と同じ構成である.

これらを農研機構近畿中国四国農業研究センター (現: 西日本農業研究センター, 広島県福山市) の圃場において, 2013 年 11 月に 1 区面積 4.2 m<sup>2</sup> (畦幅 70 cm, 播幅 14 cm, 播長 6.0 m), 播種量 100 粒 m<sup>2</sup> として播種し, 2014 年 6 月に収穫した. 基肥として N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O をそれぞれ 1 m<sup>2</sup> あたり 6.5, 6.5, 6.5 g 施用し, 2014 年 2 月 5 日と 3 月 12 日に N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O をそれぞれ 1 m<sup>2</sup> あたり 2.0, 1.4, 1.9 g 施用した. 異なる子実タンパク質含有率を得るため, 開花期に硫酸を施用しない区と, 硫酸を N として 1 m<sup>2</sup> あたり 4.0, 8.0 g を施用した区を設け, 各試験区は 4 反復で行った.

### 2. 製粉と小麦粉品質, 製麺適性の分析

4 反復それぞれの収穫物に対し, 以下の分析を行った.

収穫物は, 近赤外分光分析装置 (Infratec1241, FOSS 社) を用いて子実水分, タンパク質含有率 (タンパク質換算係数 5.70, 水分 13.5% 換算) を測定した. 小麦品質検定法 (農林水産技術会議事務局 1968) に従って, 子実水分 14.5% にテンパリング後, ビューラーテストミル (MLU-202, Buhler 社) で製粉し, 小麦粉 (60% 粉) を調製した.

小麦粉タンパク質含有率 (タンパク質換算係数 5.70, 水分 13.5% 換算) と小麦粉灰分は近赤外分光分析装置により測定した. 小麦粉の色相は色彩色差計 (CM-3500d, コニカミノルタ社) を用いて, c 光源, 2 度視野で小麦粉 6 g に対し, 水 8 mL を加えた小麦粉ペーストの明度 L\*, 赤み a\*, 黄色み b\* を測定した. 日本麴において色相は L\* が高く, a\* は低く, b\* は適度な値であることが望ましい.

小麦粉の生地特性は doughLAB (Newport Scientific 社) を用いて, 回転数を 63 rpm として, 吸水率, 生地形成時間, 弱化度, バロリメーターバリューを測定した. 吸水率は生麴を捏ねた際に一定の硬さ (500BU) にするのに必要とされる水の小麦粉に対する比率である. 生地形成時間は生地が形成される (一定の硬さになる) までの時間で, 長いと生地物性が強いことを示す. 弱化度は硬さが低下し始めてから 12 分後までの下降程度を表し, 大きいと生地のミキシング耐性が劣ることを示す (Wheat Marketing Center 2008). バロリメーターバリューは生地形成時間と弱化度から推定される生地物性の総合指標値で, 高いと生地物性が強いことを示す.

うどんの製麺試験は小麦の品質評価法 (食品総合研究所 1985) に従い, 小麦粉 100 に対し, 塩 2, 水 34 の配合で行った. 小麦粉 50 g (13.5% 水分) を 100 g 用のピンミキサー (National 社) で攪拌しながら 5.88% 食塩水を 17 mL 添加し, そぼろを調製した. そぼろを 1 つにまとめた後, 製麺機 (XXVR003, スズキ麺工) を用いて, 圧延し, ロール間隙を徐々に狭めて 2.5 ± 0.1 mm の厚さとなるよう調製した. 麺帯を 3 mm 幅の切刃を通して切断し, 生麴を調製した. 麺線の一部を密閉容器中に保存し, 引張試験に供試した.

第1表 各準同質遺伝子系統および各開花期窒素施用量における製麺適性.

系統	高分子量グルテニンサブユニット			系統または 開花期 窒素施用量	生麺引張試験		ゆで麺破断試験	
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>		引張強度 (N)	変形量 (mm)	破断強度 (N)	変形量 (mm)
A	1	7+8	2+12	0	0.33	17	0.28	2.20
				4	0.26	53	0.29	2.21
				8	0.25	93	0.32	2.44
B	1	7+8	2.2+12	0	0.30	25	0.29	2.29
				4	0.28	50	0.32	2.52
				8	0.25	105	0.34	2.75
C	null	7+8	2+12	0	0.33	13	0.30	2.31
				4	0.29	41	0.31	2.34
				8	0.24	72	0.32	2.53
D	null	7+8	2.2+12	0	0.30	16	0.27	2.05
				4	0.26	48	0.29	2.22
				8	0.22	85	0.30	2.29
各系統における 平均値 (全処理込み)				A	0.28 <sup>a</sup>	54 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>ab</sup>	2.28 <sup>ab</sup>
				B	0.28 <sup>ab</sup>	60 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>
				C	0.29 <sup>a</sup>	42 <sup>b</sup>	0.31 <sup>ab</sup>	2.39 <sup>ab</sup>
				D	0.26 <sup>b</sup>	50 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>b</sup>	2.19 <sup>b</sup>
各開花期窒素施用量間 における平均値 (全系統込み)				0	0.31 <sup>a</sup>	18 <sup>c</sup>	0.28 <sup>b</sup>	2.21 <sup>b</sup>
				4	0.27 <sup>b</sup>	48 <sup>b</sup>	0.30 <sup>ab</sup>	2.32 <sup>ab</sup>
				8	0.24 <sup>c</sup>	89 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>
系統					**	**	*	*
開花期窒素施用量					**	**	**	*
系統 × 開花期窒素施用量					ns	ns	ns	ns

各系統における平均値は全開花期窒素施用量区込みの, 各開花期窒素施用量における平均値は全系統込みの平均値. 英文字が同一であることは系統間または開花期窒素施用量間で5%水準で有意差がないことを示す (Tukey-Kramer の多重比較). \*\*, \* はそれぞれ 1%, 5%水準で有意であり, ns は有意でないことを示す.

生麺の引張試験はテクスチャーアナライザー (EZ-Test, 島津製作所) を用いて, 以下の方法で行った. 生麺を 5 cm の長さに切り, 生麺の両端を麺用引張治具にはさんで固定した. 片側の治具を上部方向に引張速度  $1 \text{ mm sec}^{-1}$  で, 生麺が破断するまで引張を行った. 引張強度と破断するまでの生麺の長さの変形量を 5 本測定した. また, ゆで麺の破断試験はテクスチャーアナライザーを用いて, 以下の方法で行った. 生麺を沸騰水中で 22 分間ゆで, 流水中で 2 分間冷却後, 水切りし, ポリエチレン袋に入れて室温に 30 分間放置した. その後, ゆで麺を幅 1 mm の針金状の治具により  $1 \text{ mm sec}^{-1}$  でゆで麺が破断するまで圧縮した. 破断強度と破断するまでのゆで麺の太さの変形量を 8 本測定した.

各形質について分散分析を行った. 統計解析は StatView5.0 (SAS Institute Inc.) を用いて行った.

## 結 果

### 1. 製麺適性における準同質遺伝子系統間および開花期窒素施用量間差異

第1表は各準同質遺伝子系統および各開花期窒素施用量における製麺適性を示した. 生麺の引張強度, 変形量, ゆで麺の破断強度, 変形量は系統間で有意な差がみられた.

生麺の引張強度は系統 D で系統 A, C より有意に小さく, 系統 D では生麺がより弱い力で伸びやすいことが示された. 生麺の変形量は系統 C で系統 B より有意に小さくなった. ゆで麺の破断強度, 変形量は系統 D で系統 B より有意に小さくなった.

生麺の引張強度, 変形量, ゆで麺の破断強度, 変形量は開花期窒素施用量間で有意な差がみられた. 開花期窒素施用量が増加すると, 生麺の引張強度は有意に小さく, 変形量は有意に大きくなった. ゆで麺の破断強度, 変形量は開花期窒素施用量  $8 \text{ g m}^{-2}$  で開花期窒素施用なしより有意に大きくなった. 系統と開花期窒素施用量との間で交互作用はみられなかった.

### 2. 生地物性における準同質遺伝子系統間および開花期窒素施用量間差異

第2表は各準同質遺伝子系統および各開花期窒素施用量における小麦粉タンパク質含有率と doughLAB で測定された小麦粉生地の吸水率, 生地形成時間, 弱化度, バロリメーターバリューを示した. 小麦粉タンパク質含有率, 吸水率, 生地形成時間, 弱化度, バロリメーターバリューは系統間で有意な差がみられた. 小麦粉タンパク質含有率と吸水率は



第2表 各準同質遺伝子系統および各開花期窒素施用量における小麦粉の生地物性.

系統	高分子量グルテニンサブユニット			系統または 開花期 窒素施用量	小麦粉タンパク質 含有率 (%)	doughLab による小麦粉の生地物性値			
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>			吸水率 (%)	生地形成時間 (min)	弱化度 (FU)	バリリメーター バリュー
A	1	7+8	2+12	0	8.2	51.0	1.3	80	46
				4	9.9	52.7	2.6	106	45
				8	11.2	53.9	2.7	127	43
B	1	7+8	2.2+12	0	8.5	50.5	1.8	85	46
				4	9.9	53.0	2.6	114	44
				8	11.3	54.6	3.1	121	45
C	null	7+8	2+12	0	8.1	50.3	1.2	113	39
				4	9.6	52.0	2.2	113	42
				8	11.1	53.3	2.5	138	40
D	null	7+8	2.2+12	0	8.5	50.9	1.3	102	41
				4	10.2	53.3	2.1	147	37
				8	11.5	54.1	2.1	162	35
各系統における 平均値 (全処理込み)				A	9.8 <sup>ab</sup>	52.5 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	104 <sup>c</sup>	44 <sup>a</sup>
				B	9.9 <sup>ab</sup>	52.7 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>a</sup>	107 <sup>bc</sup>	45 <sup>a</sup>
				C	9.6 <sup>b</sup>	51.9 <sup>b</sup>	1.9 <sup>ab</sup>	121 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>
				D	10.1 <sup>a</sup>	52.7 <sup>a</sup>	1.8 <sup>b</sup>	137 <sup>a</sup>	38 <sup>b</sup>
各開花期窒素施用量間に おける平均値 (全系統込み)				0	8.3 <sup>c</sup>	50.7 <sup>c</sup>	1.4 <sup>b</sup>	95 <sup>c</sup>	43 <sup>a</sup>
				4	9.9 <sup>b</sup>	52.7 <sup>b</sup>	2.3 <sup>a</sup>	120 <sup>b</sup>	42 <sup>a</sup>
				8	11.3 <sup>a</sup>	54.0 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	137 <sup>a</sup>	41 <sup>a</sup>
系統					**	*	*	**	**
開花期窒素施用量					**	**	**	**	ns
系統 × 開花期窒素施用量					ns	ns	ns	ns	ns

各系統における平均値は全開花期窒素施用量区込みの、各開花期窒素施用量における平均値は全系統込みの平均値。英文字が同一であることは系統間または開花期窒素施用量間で5%水準で有意差がないことを示す (Tukey-Kramer の多重比較)。\*\*, \* はそれぞれ1%, 5%水準で有意であり, ns は有意でないことを示す。

系統Cで系統Dより有意に低かった。生地形成時間は系統Dで系統Bより有意に短くなった。弱化度は *Glu-D1* 座サブユニットが同じである系統Aと系統C、あるいは、系統Bと系統Dの間で、*Glu-A1* 座サブユニットが欠失した系統C、系統Dで *Glu-A1* 座サブユニット1を持つ系統A、系統Bより有意に大きかった。また、弱化度は *Glu-A1* 座サブユニットが欠失した系統Cと系統Dの間で、*Glu-D1* 座サブユニット2.2+12を持つ系統Dで *Glu-D1* 座サブユニット2+12を持つ系統Cより有意に大きかった。バロリメーターバリューは *Glu-A1* 座サブユニットが欠失した系統Cと系統Dで *Glu-A1* 座サブユニット1を持つ系統Aと系統Bより有意に小さかった。

小麦粉タンパク質含有率、吸水率、生地形成時間、弱化度は開花期窒素施用量間で有意な差がみられた。小麦粉タンパク質含有率は開花期窒素施用量が増加すると有意に高くなり、開花期窒素施用量  $1\text{ g m}^{-2}$  あたり約0.38ポイント増加した。吸水率は開花期窒素施用量が増加すると、有意に高くなった。生地形成時間は開花期窒素施用により開花期窒素施用なしの場合よりも有意に長くなった。一方、弱化度は開花期窒素施用量が増加すると、有意に大きくなった。系統と開花期窒素施用量との間で交互作用はみられなかった。

### 3. 小麦粉の灰分と色相における準同質遺伝子系統間および開花期窒素施用量間差異

第3表は各準同質遺伝子系統および各開花期窒素施用量における小麦粉の灰分と色相を示した。小麦粉の色相は系統間で有意な差がみられた。L\* は系統Dで系統Aより有意に低くなった。a\* は系統Cで他の3系統より有意に低くなった。b\* は系統Cで系統A、系統Bより有意に高く、系統Dで系統Aより有意に高かった。

小麦粉の灰分、色相は開花期窒素施用量間で有意な差がみられた。小麦粉の灰分は開花期窒素施用量  $8\text{ g m}^{-2}$  で開花期窒素施用なしと比べて有意に高くなった。小麦粉の色相は開花期窒素施用量が増加すると、L\* は有意に低く、a\* は有意に高く、b\* は有意に低くなり、色相が暗く、くすみが増し、黄色みが低下したことを示した。開花期窒素施用量  $1\text{ g m}^{-2}$  あたり L\* は0.1ポイント低下、a\* は約0.05ポイント増加、b\* は0.08ポイント低下した。系統と開花期窒素施用量との間で交互作用はみられなかった。

### 考 察

本研究では日本麺用コムギの *Glu-A1* 座と *Glu-D1* 座グルテニンサブユニットに関する準同質遺伝子系統を用い、サ

第3表 各準同質遺伝子系統および各開花期窒素施用量における小麦粉の灰分と色相.

系統	高分子量グルテニンサブユニット			系統または 開花期窒素施用量	小麦粉灰分 (%)	小麦粉の色相		
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>			L*	a*	b*
A	1	7+8	2+12	0	0.38	90.41	-1.74	14.85
				4	0.39	90.06	-1.57	14.43
				8	0.42	89.37	-1.37	14.31
B	1	7+8	2.2+12	0	0.40	90.23	-1.67	14.95
				4	0.39	89.93	-1.51	14.66
				8	0.39	89.55	-1.33	14.44
C	null	7+8	2+12	0	0.40	90.31	-1.85	15.34
				4	0.39	89.85	-1.67	15.05
				8	0.41	89.45	-1.45	14.65
D	null	7+8	2.2+12	0	0.40	90.02	-1.67	15.14
				4	0.42	89.77	-1.48	14.79
				8	0.41	89.36	-1.34	14.62
各系統における 平均値 (全処理込み)				A	0.40 <sup>a</sup>	89.95 <sup>a</sup>	-1.56 <sup>b</sup>	14.53 <sup>c</sup>
				B	0.39 <sup>a</sup>	89.90 <sup>ab</sup>	-1.50 <sup>b</sup>	14.68 <sup>bc</sup>
				C	0.40 <sup>a</sup>	89.87 <sup>ab</sup>	-1.66 <sup>a</sup>	15.01 <sup>a</sup>
				D	0.41 <sup>a</sup>	89.72 <sup>b</sup>	-1.50 <sup>b</sup>	14.85 <sup>ab</sup>
各開花期窒素施用量間 における平均値 (全系統込み)				0	0.39 <sup>b</sup>	90.24 <sup>a</sup>	-1.73 <sup>a</sup>	15.07 <sup>a</sup>
				4	0.40 <sup>ab</sup>	89.90 <sup>b</sup>	-1.56 <sup>b</sup>	14.73 <sup>b</sup>
				8	0.41 <sup>a</sup>	89.43 <sup>c</sup>	-1.37 <sup>c</sup>	14.50 <sup>c</sup>
系統					ns	*	**	**
開花期窒素施用量					*	**	**	**
系統 × 開花期窒素施用量					ns	ns	ns	ns

各系統における平均値は全開花期窒素施用量区込みの、各開花期窒素施用量における平均値は全系統込みの平均値。英文字が同一であることは系統間または開花期窒素施用量間で5%水準で有意差がないことを示す (Tukey-Kramer の多重比較)。

\*\*, \* はそれぞれ1%, 5%水準で有意であり, ns は有意でないことを示す。

ブユニット構成と小麦粉タンパク質含有率の違いが、製麵適性に及ぼす影響を調査した。小麦粉タンパク質含有率は系統間差異が見られ、系統Cで系統Dより有意に低かったが、その差は0.5%以内と小さく、製麵適性や小麦粉の生地物性における系統間差異はタンパク質含有率の差だけでなく、質的な差を示していると考えられた。

本試験で用いたグルテニンサブユニット構成において、Payneら (1979)、Moonenら (1982) は、*Glu-A1* 座サブユニットが欠失すると生地物性が弱くなることを報告している。また、高田ら (2008)、谷中ら (2016) は *Glu-A1* 座のサブユニットの欠失と *Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 の組合せで SDS 沈降量が最も小さく、不溶性ポリマータンパク質の割合が最も低いことを報告している。生地物性は不溶性ポリマータンパク質の量が少ないほど弱く (Singhら 1990, Guptaら 1993)、これらの既報と同様、*Glu-A1* 座サブユニットが欠失すると、弱化度が大きく、バロリメーターバリューが小さくなり、さらに、*Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 との組合せで、弱化度が一層大きくなり、生地物性が弱くなったことを示した (第2表)。また、谷中ら (2016) は、*Glu-A1* 座サブユニットの欠失と *Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 の組合せでは、タンパク質含有率の増加に対し、グリアジンを多く含む可溶性モノマータンパク質

の増加が大きい一方、グルテニンが重合した不溶性ポリマータンパク質の増加が小さい傾向にあることを報告している。このサブユニット構成を持つ系統Dでは、タンパク質含有率の増加に対し、弱化度が大きく増加した (第2表)。

本試験における製麵試験は同一加水率で行ったが、生麵の引張強度は、*Glu-A1* 座サブユニットが欠失し、かつ、*Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 を持つ組合せで最も小さくなった (第1表)。これは、ミキソグラムで十分な加水量で調製した生地を用いて引張試験を行った高田ら (2008) と同様の結果であり、グルテニンサブユニット構成の違いが生麵の引張強度に影響することが確認された。生麵の物性が弱いと、製麵時に麵帯が薄くなり、麵帯や生麵が切れやすく、ゆで溶出率が高くなるため (Park and Baik 2009)、このようなサブユニット構成でないことが望ましい。

ゆで麵のかたさはグルテンの量と正の相関にあり (Ohら 1985, Baikら 1994a, Park and Baik 2009)、SDS 沈降量などの生地物性の指標値が大きくなると破断強度や動的粘弾性が大きくなり、かたくなることが示唆されている (Baikら 1994b, Yunら 1996, 谷藤ら 2003, Huら 2007, Yanakaら 2007)。また、Yanakaら (2007) は生地物性を強める効果の大きい *Glu-D1* 座サブユニット 5+10 を日本麵用コムギに導入すると、ゆで麵の破断強度が大きくなり、官能評価

でゆで麺がかたく評価されることを報告している。本試験においては、*Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 を持つ場合、*Glu-A1* 座サブユニットが欠失すると、ゆで麺の破断強度と変形量が有意に小さくなったことから、ゆで麺が軟らかく、細くなったことが示された (第1表)。

Nakamura ら (1999) は日本品種の高分子量グルテニンサブユニットを調査し、*Glu-A1* 座サブユニットでは欠失型が7割を占め、*Glu-D1* 座サブユニットでは2+12 または 2.2+12 が9割を占めることを報告している。*Glu-A1* 座サブユニットが欠失した「イワイノダイチ」などの品種では、生地物性が弱く、製麺時の作業性が劣ることが指摘されている (藤井ら 2009)。ゆで麺の食感はアミロース含有率が通常である、“通常アミロース”のコムギでは、*Glu-D1* 座サブユニット 5+10 の導入により、生地物性が強くなると、ゆで麺がかたく、必ずしも正の効果ではなかった一方 (Yanaka ら 2007)、アミロース含有率が低い、“低アミロース”のコムギでは、優れた粘弾性を発揮するためには強いグルテンが必要だとされている (谷藤ら 2003)。ゆで麺の食感はアミロース含有率の高低とグルテンの強弱のバランスが重要であると考えられ、日本麺の粘弾性に最適とされる“やや低アミロース”に対しては中庸以上のグルテンの強さが必要であると考えられる。近年、育成された“やや低アミロース”品種の「きたほなみ」、「きぬあかり」、「ふくほのか」はいずれも *Glu-A1* 座サブユニットを有し、「きたほなみ」、「きぬあかり」は生地物性を強める効果を持つ低分子量グルテニンサブユニット *Glu-B3g* をあわせ持ち、ゆで麺の官能評価が優れることが報告されている (柳沢ら 2007, 藤井ら 2009, 石川ら 2011)。製麺時の作業性とゆで麺の食感を考慮すると、グルテニンサブユニット構成は生地物性が弱い *Glu-A1* 座サブユニットの欠失と *Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 の組合せでないことが望ましい。

開花期に窒素を施用することにより、既報と同様、小麦粉タンパク質含有率は有意に高まった (第3表, 高山ら 2004, 岩淵ら 2007)。江口ら (1969) は日本麺用コムギにおいて出穂期以降の窒素施肥により弱化度が増加し、伸長抵抗が低下するため、グルテンの質が低下することを報告している。本試験においても、開花期の窒素施肥により、弱化度が有意に大きくなり、グルテンが質的に低下したことが示された (第2表)。また、吸水率は小麦粉タンパク質含有率と正の相関にあることが報告されている (岩淵ら 2007)。本試験においても、吸水率は小麦粉タンパク質含有率の増加に伴って高まった (第2表)。

本試験においては同一加水率による製麺を行ったが、Park and Baik (2002) は麺帯の生地状態から麺帯の最適吸水率を決定する方法により、タンパク質含有率が低い、あるいは、SDS 沈降量が低い小麦粉の場合、均一なプロテインマトリックスを形成し、適した状態の麺帯を調製するために、より多くの水を必要とするため、小麦粉タンパク質含有率と麺帯の最適吸水率は負の相関にあると報告してい

る。製麺時には小麦粉タンパク質含有率が低いと麺帯が乾燥して切れやすく、高いと麺帯がしっとりとしていた。また、小麦粉タンパク質含有率の増加に伴い、生麺の引張強度が小さくなり、変形量が大きくなった (第1表)。開花期に窒素を施用しない場合、麺帯の水分が十分でなく、プロテインマトリックスの形成が不十分で、わずかな変形で破断しやすく、変形量が小さくなった一方、開花期に窒素を施用することで高タンパク質化すると、麺帯の水分は十分にあるが、グルテンが質的に低下したため、伸展性が増し、変形量が大きくなったと考えられた。麺帯の損傷を防ぎ、適度な伸展性を持たせるためには、適切な加水率で製麺すること、小麦粉タンパク質含有率を高めることが重要であると考えられた。

ゆで麺のかたさは、小麦粉タンパク質含有率が高くなると、ゆで麺の破断強度が大きくなり、かたくなることが報告されている (Oh ら 1985, Baik ら 1994a, 1994b, Park and Baik 2009)。開花期窒素を  $8 \text{ g m}^{-2}$  施用した場合、開花期窒素施用なしの場合と比べ、ゆで麺の破断強度、変形量が有意に大きく、ゆで麺がかたく、太くなったことを示した (第1表)。

小麦粉色相は小麦粉タンパク質含有率が高くなると、 $L^*$  が低く、 $a^*$  が高くなり、暗くくすんだ色相へと変化したことを示し (第3表)、既報と同様の結果となった (Baik ら 1995, Yun ら 1997, 高山ら 2004)。色相は小麦粉灰分が高くなると悪くなるため (Crosbie ら 1990)、本試験においては、開花期に窒素を  $8 \text{ g m}^{-2}$  施用した区で子実灰分が高く (データ省略)、小麦粉灰分が有意に高くなったことが色相劣化の1つの要因として考えられた。しかし、小麦粉灰分に有意な差がない場合でも、高タンパク質化により色相が悪くなることが報告されており (Yun ら 1997, 高山ら 2004)、小麦粉色相劣化の要因は解明されていない。日本麺において、色相は明るく冴えた黄色みがある‘クリーミーホワイト’が良好とされるため、色相が著しく劣化することがないように、タンパク質含有率を適度に高めることが必要である。

子実タンパク質含有率は土壌や窒素の施用時期等の栽培条件により大きく変動し、窒素施用による制御が行われている (島崎・渡邊 2010)。佐藤ら (1999) は融雪期以降の窒素施用によりタンパク質含有率が高まったが、タンパク質組成や生地物性は施用時期による差はなかったことを報告している。岩淵ら (2013) は止葉期に窒素施用した区では出穂期後10日に窒素施用した区より生地物性が劣ったが、これは子実タンパク質含有率の差によると報告している。木村・山内 (2002) は土壌や出穂後追肥で子実タンパク質含有率は変化するが、吸収した窒素のグルテニンとグリアジンへの分配は一定であるとしている。本試験におけるタンパク質含有率の差は開花期の窒素施用量の違いによるものであるが、生麺やゆで麺の物性は、土壌や窒素施用時期に関わらず、タンパク質の量に応じた特性を示すと考えられる。

本研究の結果は、生麺とゆで麺の物性がグルテニンサブ



ユニット構成とタンパク質含有率で示されるタンパク質の質と量の両方の影響を受けることを示している。日本麺の製麺適性においては色相も重要であるため、生麺の作業性とゆで麺の食感、色相を保持するためには、*Glu-A1* 座サブユニットが欠失し、かつ、*Glu-D1* 座サブユニット 2.2+12 を持つサブユニット構成ではないこと、タンパク質含有率が適度に高めることが望ましい。

**謝辞：**本研究の実施にあたり、近畿中国四国農業研究センター（現：西日本農業研究センター）業務第1科の諸氏には系統の栽培において、小麦育種グループ（現：麦類育種グループ）の契約職員、松井孝子氏、原口有子氏、有馬奈津美氏、西川仁美氏、萩原理恵子氏、山下久美氏には製粉と品質分析にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

## 引用文献

- Baik B.-K., Czuchajowsska, Z. and Pomeranz, Y. 1994a. Role and contribution of starch and protein contents and quality texture profile analysis of oriental noodles. *Cereal Chem.* 71: 315-320.
- Baik B.-K., Czuchajowsska, Z. and Pomeranz, Y. 1994b. A SDS-FY test to evaluate quality of wheat for oriental noodles. *J. Cereal Sci.* 19: 191-201.
- Baik B.-K., Czuchajowsska, Z. and Pomeranz, Y. 1995. Discoloration of dough for oriental noodles. *Cereal Chem.* 72: 198-205.
- Branlard, G. and Dardevet, M. 1985. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. II. Correlation between high-molecular-weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. *J. Cereal Sci.* 3: 345-354.
- Crosbie, G.B., Miskelly, D.M. and Dewan, T. 1990. Wheat quality for the Japanese flour milling and noodle industries. *Western Aust. J. Agric.* 31: 83-88.
- Crosbie, G.B., Huang, S. and Barclay, I.R. 1998. Wheat quality requirements of Asian foods. *Euphytica* 100: 155-156.
- 江口久夫・平野寿助・吉田博哉 1969. 暖地における小麦の良質化栽培に関する研究（第2報）3要素施肥量および窒素の施用時期・施用率と品質の関係. 中国農業試験場報告 A17: 81-111.
- 藤井潔・辻孝子・吉田朋史・井澤敏彦・船附稚子・池田達哉 2009. めんの食感、色、生地物性に優れる小麦新品種「東海 103 号」の育成. 愛知農総試研報 41: 35-45.
- Gupta, R.B., Bake, F. and Wringley, C.W. 1991. Prediction of physical dough properties from glutenin subunit composition in bread wheats: correlation studies. *Cereal Chem.* 68: 328-333.
- Gupta, R.B., Khan, K. and MacRitchie, F. 1993. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *J. Cereal Sci.* 18: 23-41.
- Gupta, R.B., Paul, J.G., Cornish, G.B., Palmer, G.A., Bakes, F. and Rathjien, A.J. 1994. Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, *Glu-1*, *Glu-3* and *Gli-1*, of common wheats. I. Its additive and interaction effects on dough properties. *J. Cereal Sci.* 19: 9-17.
- Hou, G. 2001. Oriental noodles. *Adv Food Nutr Res.* 43: 143-193.
- Hu, X.-Z., Wei, Y.-M., Wang, C. and Kovacs, M.I.P. 2007. Quantitative assessment of protein fractions of Chinese wheat flours and their contribution to white salted noodle quality. *Food Res. Int.* 40:1-6.
- 石川直幸・長嶺敬・谷中美貴子・高山敏之・田谷省三・甲斐由美・谷尾昌彦・佐藤淳一・村上泰臣・住田哲也 2005. 製麺適性の優れる早生・短稈小麦新品種「ふくさやか」の育成. 近中四農研報 4: 25-37.
- 石川直幸・高田兼則・谷中美貴子・長嶺敬・高山敏之・田谷省三・甲斐由美・谷尾昌彦・佐藤淳一 2011. 製粉歩留が高くめんの食感が優れる多収小麦新品種「ふくほのか」の育成. 近中四農研報 10: 53-67.
- Ito, M., Fushie, S., Funatsuki, W.M., Ikeda, T.M., Nishio, Z., Nagasawa, K., Tabiki, T. and Yamauchi, H. 2011. Effect of allelic variation in three glutenin loci on dough properties and bread-making qualities of winter wheat. *Breed. Sci.* 61: 281-287.
- 岩淵哲也・田中浩平・松江勇次・松中仁・山口末次 2007. 開花期の窒素追肥がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」と「ニシノカオリ」の製粉性、生地の物性および製パン適性に及ぼす影響. 日作紀 76: 37-44.
- 岩淵哲也・松江勇次・松中仁 2013. 出穂期前後の窒素施用時期や尿素の葉面散布がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の生地物性に及ぼす影響. 日作紀 82: 135-140.
- 木村秀也・山内稔 2002. 土壌型と出穂後追肥窒素が小麦の子実タンパク質含有量と組成に及ぼす影響. 近畿中国四国農業研究センター成果情報. <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/warc/2002/wenarc02-12.html> (2016/10/28 閲覧).
- Lawrence, G.J., Moss, H.J., Shepherd, K.W. and Wrigley, C.W. 1987. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. *J. Cereal Sci.* 6: 99-101.
- Miura, H. and Tani, S. 1994. Endosperm starch properties in several wheat cultivars preferred for Japanese noodles. *Euphytica* 72: 171-175.
- Moonen, J.H.E., Scheepstra, A. and Graveland, A. 1982. Use of the SDS-sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for bread-making quality. *Euphytica* 31: 677-690.
- Nakamura, H., Inazu, A. and Hirano, H. 1999. Allelic variation in high-molecular-weight glutenin subunit loci of *Glu-1* in Japanese common wheats. *Euphytica* 106: 131-138.
- Nakamura, T., Vrinten, P., Saito, M. and Konda, M. 2002. Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers. *Genome* 45: 1150-1156.
- 農林水産技術会議事務局 1968. 小麦品質検定法－小麦育種試験における－(研究成果シリーズ 35). 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京. 1-70.
- 農林水産省 2011. 平成 23 年版食料・農業・農村白書. 農林統計協会, 東京. 100-101.
- 農林水産省 2016. 経営所得安定対策等実施要綱. [http://www.maff.go.jp/j/kobetu\\_ninaite/keiei/pdf/h28\\_yokou.pdf](http://www.maff.go.jp/j/kobetu_ninaite/keiei/pdf/h28_yokou.pdf) (2016/9/5 閲覧).
- Oda, M., Yasuda, Y., Okazaki, S., Yamauchi, Y. and Yokohama, Y. 1980. A method of flour quality assessment for Japanese noodles. *Cereal Chem.* 57: 253-254.
- Oh, N. H., Seib, P.A. and Chung, D.S. 1985. Noodles. IV. Influence of flour protein, extraction rate, particle size, and starch damage on the quality characteristics of dry noodles. *Cereal Chem.* 62: 441-446.
- Park, C.S. and Baik, B.-K. 2002. Flour characteristics related to optimum water absorption of noodle dough for making white salted noodles.

- Cereal Chem. 79: 867-873.
- Park, C.S., Hong, B.K. and Baik, B.-K. 2003. Protein quality of wheat desirable for making fresh white salted noodles and its influences on processing and texture of noodles. Cereal Chem. 80: 297-303.
- Park, S.J. and Baik, B.-K. 2009. Quantitative and qualitative role of added gluten on white salted noodles. Cereal Chem. 86: 646-652.
- Payne, P.I., Corfield, K.G. and Blackman, J.A. 1979. Identification of a high-molecular-weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-making quality in wheats of related pedigree. Theor. Appl. Genet. 55: 153-159.
- Payne, P.I., Nightingale, M.A., Krattiger, A.F. and Holt, L.M. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. J. Sci. Food Agric. 40: 51-65.
- 齊藤美香・石川吾郎・米丸淳一・中村俊樹 2006. DNA マーカーを用いたコムギ変異型 Wx-B1 遺伝子の欠失点の推定. 育種学研究 8: 9-16.
- 佐藤暁子・小綿美環子・中村信吾 1999. コムギの製パン適性に及ぼす窒素追肥時期の影響. 日作紀. 68: 217-223.
- 島崎由美・渡邊好昭 2010. コムギの子実タンパク質含有率－栽培による制御の可能性－. 日作紀. 79: 407-413.
- 食品総合研究所 1985. 小麦の品質評価法－官能評価によるめん適性－.
- Singh, N.K., Donovan, R. and MacRitchie, F. 1990. Use of sonication and size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. Cereal Chem. 67: 161-170.
- Tabiki, T., Ikeguchi, S. and Ikeda, T.M. 2006. Effect of high-molecular-weight and low-molecular-weight glutenin subunit alleles on common wheat flour quality. Breed. Sci. 56: 131-136.
- Takata, K., Yamauchi, H., Nishio, Z. and Kuwabara, T. 2000. Effect of high molecular weight glutenin subunits on bread-making quality using near-isogenic lines. Breed. Sci. 50: 303-308.
- Takata, K., Yamauchi, H., Nishio, Z., Funatsuki, W. and Kuwabara, T. 2002. Effect of high-molecular-weight glutenin subunits with different protein contents on bread-making quality. Food Sci. Technol. Res. 8: 178-182.
- 高田兼則・谷中美貴子・池田達哉・石川直幸 2008. 日本麺用小麦の生地物性に対する *Glu-A1* と *Glu-D1* 対立遺伝子の相互作用と *Glu-A1* 対立遺伝子のPCR マーカーの開発. 育種学研究 10: 41-48.
- 高山敏之・長嶺敬・石川直幸・田谷省三 2004. コムギにおける出穂 10 日後追肥の効果. 日作紀 73: 157-162.
- 谷藤健・金子成延・松倉潮 2003. 小麦のデンプンおよびグルテンの特性がゆでめんのテクスチャーに及ぼす影響. 食科工. 50: 333-338.
- Toyokawa, H., Rubenthaler, G.L., Powers, J.R. and Schanus, E.G. 1989. Japanese noodle qualities. I. Flour components. Cereal Chem. 66: 382-386.
- Wheat Marketing Center 2008. Wheat and Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality. Version 2. Kansas State University, Manhattan. 45-46.
- 柳沢朗・吉村康弘・天野洋一・小林聡・西村努・中道浩司・荒木和哉・谷藤健・田引正・三上浩輝・池永充伸・佐藤奈奈 2007. 秋まきコムギ新品種「きたほなみ」の育成. 北海道立農試集報. 91: 1-13.
- Yanaka, M., Takata, K., Ikeda, T.M. and Ishikawa, N. 2007. Effect of the high-molecular-weight glutenin allele, *Glu-D1d*, on noodle quality of common wheat. Breed. Sci. 57: 243-248.
- 谷中美貴子・高田兼則・池田達哉・石川直幸 2011. タンパク質含量がコムギのポリマータンパク質の量と分子量分布に及ぼす影響. 日作紀 80: 77-83.
- 谷中美貴子・高田兼則・石川直幸・高橋肇 2016. 日本麺用コムギにおける *Glu-A1* および *Glu-D1* 座サブユニット構成の違いがタンパク質組成に及ぼす影響. 日作紀 85: 403-410.
- Yun, S.H., Quail, K. and Moss, R. 1996. Physicochemical properties of Australian wheat flours for white salted noodles. J. Cereal Sci. 23: 181-189.
- Yun, S.H., Rema, G. and Quail, K. 1997. Instrumental assessment of Japanese white salted noodle quality. J. Sci. Food Agric. 74: 81-88.
- Zhang, X., Jin, H., Zhang, Y., Liu, D., Li, G., Xia, X. and Zhang, A. 2012. Composition and functional analysis of low-molecular-weight glutenin alleles with Aroona near-isogenic lines of bread wheat. BMC Plant Biol. 12: 243.

**Effects of the Composition of Glutenin Subunits Controlled by the *Glu-A1* and *Glu-D1* Loci and Protein Content on the Noodle Quality in Japanese Soft Wheat** : Mikiko YANAKA<sup>1)</sup>, Kanenori TAKATA<sup>1)</sup>, Wakako FUNATSUKI<sup>1)</sup>, Naoyuki ISHIKAWA<sup>1)</sup> and Tadashi TAKAHASHI<sup>2)</sup> (<sup>1)</sup>WARC/NARO, Fukuyama 721-8514, Japan; <sup>2)</sup>Yamaguchi Univ.)

**Abstract** : Four near-isogenic lines of Japanese soft wheat with different compositions of high-molecular-weight glutenin subunits, which are controlled by the *Glu-A1* and *Glu-D1* loci were cultivated with different amounts of nitrogen fertilizer applied at flowering time and the noodle quality was analyzed. In the line that carried both the null allele controlled by the *Glu-A1* locus and subunits 2.2+12 controlled by the *Glu-D1* locus, tensile force of the raw noodles (RN) and breaking force of the boiled noodles (BN) were weak, and deformation of BN was small, suggesting that RN became easier to break and BN had thinner appearance and softer texture. These results may have derived from the weak dough properties. Increased flour protein content brought weaker tensile force and larger deformation of the RN and stronger breaking force and larger deformation of BN. This shows that RN had better extensibility and BN had thicker appearance and harder texture. These results reflected the dough properties with high water absorption and inferior protein quality. Increased flour protein content also gave a darker flour color as reported before. These results suggest that to adjust appropriate grain protein content and not to have both the null allele controlled by the *Glu-A1* locus and subunits 2.2+12 controlled by the *Glu-D1* locus would be necessary to maintain good handling performance in noodle making and make the noodles with appropriate thickness, appropriate hardness and bright color.

**Key words** : Dough property, High-molecular-weight glutenin subunit, Noodle quality, Protein content, Wheat.