

近年育成された国内産パン用コムギの
高品質生産に関する栽培学的研究

2014年

岩渕哲也

目 次

第 1 章 緒言	1
第 2 章 パン用コムギにおける施肥法が生地物性および製パン適性に及ぼす影響	
第 1 節 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，生地物性および製パン適性に及ぼす影響	6
第 2 節 出穂期前後の窒素追肥時期や尿素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	20
第 3 章 早播がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の生地物性および製パン適性に及ぼす影響	30
第 4 章	
第 5 章 収穫時期がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の製粉性，生地物性および製パン適性に及ぼす影響	
第 1 節 パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の収穫適期	38
第 2 節 収穫時期が開花期における窒素追肥反応に及ぼす影響	45
第 5 章 コムギの子実タンパク質含有率の変動要因	
第 1 節 近年の北部九州産コムギにおける子実タンパク質含有率低下の要因解析	51

第2節	パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率の変動	
	要因	60
第6章	総合考察	68
	摘要	74
	謝辞	77
	引用文献	78
	Summary	85
	本研究に関する公表済み文献	89

第1章 緒言

コムギは世界で最も作付けが多い穀物であり、その範囲は北は北欧から熱帯高地、さらに南は南米までと広い地域にわたっている。我が国でも北海道から九州に至るまで各地の環境に適応した品種があり、栽培様式も世界的に珍しい水田裏作栽培と畑作栽培が混在している。コムギは製粉してコムギ粉に加工され、パン、めんおよび菓子等非常に幅広い用途を持っており、食品としてその質的な面において他と比較できない特徴を有する点で、環境適応性の広いものであるばかりでなく、食糧としての特殊な意義がある。我が国で製粉用に消費されるコムギは2009年で年間626万トンにのぼり、このうち国内産は81万トンで、その約6割が日本めん用である。一方、農林水産省は2020年までに食料自給率を50%とする目標を掲げ、コムギでは生産数量目標を180万トンにするとしている。しかし、日本めん用コムギは供給が需要を上回っており、新たな用途のコムギ生産が求められている。このうち、パン用コムギの国内産比率は、わずか3%と低く、この原料である硬質コムギはそのほとんどが輸入に頼っているのが現状である(農林水産省総合食料局)。

我が国では硬質コムギ品種がかなり早くから存在したことを示すものがあつたが、我が国の温暖湿潤の気候の中では、硬質コムギは収穫期の雨害を受けて軟質化しやすく(池田ら1961)、パン用等硬質コムギの特徴を十分に保有する生産物が得られ難かった。しかし、1932年からコムギ増殖奨励事業を実施した際、パン用コムギの国内生産の可能性を検討することになり、パン用コムギにおける組織的育種は農事試験場鴻巣試験地で開始された。比較的パン用に好適とされた品種が育成されたが、収量性が劣る等の問題で広く普及するには至らなかった。その後は主として北海道立北見農業試験場で春播コムギを対象として育成されてて

きており、我が国では長い間、パン用に使える品種は北海道の春播コムギに限定されてきた。特に関東以西の二毛作地帯である暖地・温暖地のコムギ品種は軟質でタンパク質含有率も低く、パン用等への利用はほとんど考えられてこなかった。しかし、北海道の春播コムギは生産量が著しく少ないため、国内産パン用コムギは大幅に不足しているのが現状である。そのため、暖地・温暖地でも栽培可能なパン用品種の開発が、消費者団体を初め、各方面から要望されるようになった。

このような背景の下、暖地・温暖地向けでは、最初のパン用コムギとして北海道の春播コムギを用いて「ニシノカオリ」が育成され（田谷ら 2003）、その後続として、海外の遺伝資源を用いて「ニシノカオリ」より製パン適性が高い「ミナミノカオリ」が育成された（藤田ら 2009）。さらに、温暖地向けでは、「ユメアサヒ」（中村ら 2006）、「ユメシホウ」（乙部ら 2009）等が育成されている。

しかし、国内産パン用コムギは製パン適性が外国産パン用コムギと比べて必ずしも十分でなく（田谷ら 2003、中村ら 2006、藤田ら 2009、乙部ら 2009）、国内産パン用コムギの製パン適性向上が求められている。

製パン適性とは、製パン時の作業性、パン体積およびパン品質についての特性であり、生地物性が優れる程、製パン適性は高まることが知られている（池田 1961、佐々木・長内 1969）。生地物性は、ファリノグラフやエキステンソグラム等の測定装置によって評価される物理的性状であり、グルテンの質が高く、量が多いほど生地物性は強いことが明らかにされている（佐藤ら 1999a）。グルテンはグルテニンとグリアジンという貯蔵タンパク質から形成されており、グルテニンの弾性とグリアジンの粘性が生地物性に大きな影響を及ぼす（池田 2005）。グルテンの質は、粘弾性の強さであり、沈降量（Takataら 1999）やグルトマチックシステムによるグルテンインデックス（佐藤ら 2003）等により評価され、高分子や低分子のグルテニンサブユニットの種類が関与していることが報告されて

いる (池田 2005, Tabiki ら 2006).

生地物性や製パン適性を観点とした国内産パン用コムギの研究史を概観すると、国内産パン用コムギの製パン適性はほとんどの品種が外国産パン用コムギより劣るが、一部に外国産パン用コムギに近い特性を持った品種が存在することの解明 (三宅・末次 1950, 池田 1961), 様々な製法による製パン評価の検討 (田中ら 1964ab, 1983, 福田ら 1974, 五島 1986) が行われている。さらに、タンパク質の組成では、各グルテニンサブユニットのうち、高分子グルテニンサブユニットでは、Glu-D1d (池口ら 1999, Takata ら 2000, 2002), 低分子量グルテニンについては、Glu-B3b, Glu-B3g (池田 2005, Tabiki ら 2006) が生地物性を強めることが明らかにされている。

一方、生地物性や製パン適性と栽培環境条件との関係については、施肥法についてはタンパク質含有率向上のための窒素施肥法 (佐藤ら 1999a, 浦野・長嶺 2001, 2002, 佐藤・土屋 2004), 収穫時期については、製パン適性からみた収穫早限 (谷口ら 1990, 佐藤ら 1999b), 製パン適性に対する収穫時期とタンパク質含有率との影響の差異 (奥村 2004) について検討されている。さらに、春播コムギの初冬播栽培 (佐藤・土屋 2004), 秋播性コムギの根雪前に播種する冬期播種栽培 (荻内 2007) についても検討が行われている。

しかしながら、暖地・温暖地において、生地物性や製パン適性と栽培環境条件との関係についての報告は、出穂後の窒素追肥が生地物性や製パン適性に及ぼす影響 (浦野・長嶺 2001, 2002), 水田と畑での製パン適性の相違 (島崎ら 2011) のみである。窒素施肥法、播種時期および収穫時期等が国内産パン用コムギの生地物性や製パン適性に及ぼす影響は不明な点が多い。

本研究は以上のような背景と観点から、品質、特に製パン適性を向上させる栽培法の基礎的知見を得る目的でなされた。

第2章では、国内産パン用コムギにおいて、タンパク質含有率向上の効果が期待できる開花期の窒素追肥技術について、生地物性や製パン適性に及ぼす効果の面から検討した。すなわち、製パン適性が異なる品種を用いて開花期の窒素追肥と品種の生地物性および製パン適性に対する相対的重要性の差異の検討を行った。さらに、追肥労力の低減を前提とした製パン適性を向上させるための窒素追肥技術を確立するために、出穂期前後の窒素追肥時期や尿素の葉面散布と生地物性との関係を検討した。第3章では、暖地・温暖地では、梅雨時期が収穫期と重なり、降雨により品質が低下してしまう恐れがあることをふまえ、収穫期を早め、雨害を回避する一つの方法である早播栽培が生地物性および製パン適性に及ぼす影響を検討した。第4章では梅雨時期が収穫時期と重なる暖地・温暖地において、収穫時期と生地物性や製パン適性の関係を検討して、生地物性および製パン適性が優れる収穫適期を明らかにした。第5章では国内産パン用コムギは製パン適性と相関が高いタンパク質含有率が低く、変動が大きいことが指摘されているため、コムギの子実タンパク質含有率と気象条件および収量構成要素との関係を明らかにして、子実タンパク質含有率の変動要因を検討した。第6章では上述の結果をもとに、総合考察を行い、国内産パン用コムギ品種の品質、特に製パン適性向上技術に対して、実現可能な方策を提言した。

これらの栽培環境条件と生地物性や製パン適性との関係を明らかにすることは、暖地・温暖地で製パン適性が高い栽培法を確立すること、品種の選定や育成を行ううえで重要な知見となり、国内産コムギの生産規模拡大につながることを期待される。

なお、本研究は筆者が2001年から2008年にかけて、パン用コムギの高品質安定栽培法の研究として、福岡県農業総合試験場豊前分場(行橋市西泉)および福岡県農業総合試験場(筑紫野市大字吉木)で行った。

本研究は逐次日本作物学会(岩渕ら 2007, 岩渕ら 2008, 岩渕ら 2009, 岩渕ら 2010, 岩渕ら 2011, 岩渕ら 2013)に発表してきたが, ここに体系的に大要をまとめて報告する次第である.

第2章 パン用コムギにおける施肥法が生地物性および製パン適性に及ぼす影響

国内産パン用コムギの製パン適性は外国産パン用コムギに比べて劣ることから（尾関ら 1988, 田谷ら 2003, 藤田ら 2009), 国内産パン用コムギの製パン適性向上が求められている。なかでも製パン適性に大きく影響を及ぼしているタンパク質含有率の向上が実需者から要望されている。

製パン適性からみた子実タンパク質含有率の適正值は 11.5~14.0%とされているが（注：総合食料局 2005. 麦価に関する資料), 暖地・温暖地の水田作における国内産パン用コムギのタンパク質含有率はこの値より低い傾向にある。

国内産パン用コムギの子実タンパク質含有率を向上させるためには、止葉展開期以降の出穂期前後の窒素追肥が有効であることが報告されている（佐藤ら 1999, 佐藤・土屋 2004)。しかし、出穂後の窒素追肥がパン用コムギの生地物性に及ぼす効果に対する評価は必ずしも一定ではない。また、止葉展開期以降の追肥時期別の製パン適性を明らかにした知見は寒地を対象とした佐藤ら（1999)の報告があるのみで暖地・温暖地ではみあたらない。さらに、出穂期後の窒素追肥はコムギの稈の伸長と穂が出穂していることから、追肥作業の労力低減が求められているが、追肥労力の低減を前提とした製パン適性を向上させるための施肥法は確立されていない。

本章では、パン用コムギ品種の製パン適性向上を目的として、出穂期前後の窒素追肥および追肥労力の低減を前提とした窒素施肥法が、国内育成のパン用コムギ品種の生育、生地物性および製パン適性に及ぼす影響を検討した。

第1節 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、生地物性および製パン適性に及ぼす影響

水田土壌におけるパン用コムギのタンパク質含有率を高めるためには、出穂後の窒素追肥が有効であることが報告されている（浦野・長嶺 2001, 2002, 山下ら 2005）。その一方で、パン用コムギの生地物性は、出穂後の窒素追肥によって向上するという報告（佐藤ら 1999, 浦野・長嶺 2002, 佐藤・土屋 2004）と、逆に低下するという報告（Tipplesら 1977）があり、出穂後の窒素追肥がパン用コムギの生地物性に及ぼす効果に対する評価は必ずしも一定ではない。さらに、出穂後の窒素追肥がパン官能評価を含めた製パン適性に及ぼす影響を品種別に比較した報告は極めて少ない（浦野・長嶺 2001, 2002）。また、生地物性および製パン適性に及ぼす品種と窒素追肥量の影響について相対的重要性を比較検討した報告はみあたらない。さらに、パン用コムギのタンパク質含有率の向上、生地物性および官能評価を含めた製パン適性に及ぼす窒素追肥の効果の解明は、これを品種ごとに行うことが製パン適性が優れたコムギを生産するために不可欠である。

本節では水田作におけるパン用コムギの製パン適性向上を目的として、開花期の窒素追肥が国内産パン用コムギの生育、製粉特性、生地物性および製パン適性に及ぼす影響について明らかにするとともに、生地物性および製パン適性に及ぼす品種および開花期の窒素追肥量の影響について相対的重要性を比較した。

材料と方法

試験は 2001～2003 年（播種年）に福岡県農業総合試験場豊前分場（福岡県行橋市）で行ない、供試品種は「ミナミノカオリ」と「ニシノカオリ」とした。播種期は 11 月 18～20 日とし、播種量は m^2 当たり出芽本数で 150 本とした。4 条のドリル播（畦幅 150 cm, 条間 30 cm）とし、踏圧や土入れは 1 月上旬～2 月下旬

に2～3回行った。試験規模は1区9.0 m²の2反復とした。

m²当たり窒素施肥量は基肥として5.0 g, 第1回追肥として本葉5葉期に4.0 g, 第2回追肥として主稈の幼穂長が2 mmの時期に2.0 gとした。開花期の窒素追肥区として開花期頃(出穂後約10日)に2 g m⁻²区と4 g m⁻²区, 対照区として0 g m⁻²区を設けた。

成熟期, 穂数, 倒伏程度および赤かび病発生程度の調査を行うとともに, 子実収量, 千粒重, 容積重および検査等級の調査を行った。なお, 容積重はブラウエル穀粒計によって測定した。

製粉は同一試験区の反復を混合してビューラーテストミルにより行い, 得られた粉を60%粉に調製し品質試験に供試した。製粉および品質分析は小麦品質検定方法(農林水産技術会議事務局1968)に準じて行った。子実のタンパク質含有率はケルダール法により求めた全窒素にタンパク換算係数5.7を乗じて求め, 粉のタンパク質含有率は乾式燃焼法(rapidN elementar社)により求めた全窒素に, タンパク換算係数5.7を乗じて求めた。灰分, ファリノグラムおよびエキステンソグラムは小麦品質検定方法に従って測定した。一般的にパン用コムギは, ファリノグラムの吸水率が高く, 生地形成時間と安定度が長く, 弱化度が小さく, バロリメーターバリューが大きく, エキステンソグラムの伸長抵抗, 伸長度, 面積が大きいほど製パン適性が高い。なお, バロリメーターバリューは生地形成時間とミキシング耐性から評価するために考えられた数値で, コムギ粉の強力度を示し, 値が大きいほど生地物性が強い。グルテンの質や量はグルトマチックシステム(Falling Number社)により, グルテンインデックスおよび湿グルテンを測定した。グルテンの質とは粘弾性の強さであり, グルテンインデックス, 湿グルテンは値が高いほどグルテンの質および量が高い。グルテンの質および量を表す沈降量はSDS-セディメンテーションテストにより, Takataら(1999)の

方法をもとに、供試量を 60%粉 1.0 g, 膨潤時間を 24 時間として行った。沈降量は大きいほどグルテンの質が高く、量が多い。

製パン試験は九州沖縄農業研究センター水田研究利用部（福岡県筑後市）において、ストレート法（田中・松本 1991）により行った。配合と方法は次の通りである。小麦粉 300 g, 砂糖 18 g, 食塩 6 g, インスタントドライイースト 3 g の割合で配合し、吸水率はファリノグラフの値を参考にして決定した。縦型ミキサー（Kitchen Aid 社）で低速 2 分, 中速 3 分の混捏後、ショートニングを 18 g 投入し、低速 2 分, 中速 3 分, 高速 0~1 分で生地を形成した。生地の捏ね上げ温度は約 28℃であった。一次発酵は 28℃で 90 分, ガス抜き後に 30 分実施した。生地を 170 g×3 個に分割し、20 分のベンチタイムの後, 成形して, 1530 cc のパン型に詰め, 38℃・湿度 95%で生地が一定の膨らみに達するまで（約 1 時間）最終発酵させた。焼成は 190℃で 30 分実施した。焼成の 1 時間後にパン重量とパン体積を測定し, パン比容積（パン体積/パン重量）を求めた。パン体積はナタネ置換法により測定した。パン官能評価は日本イースト工業会の試験法（日本イースト工業会 1996）を一部改良して, 2001 年のサンプルについて九州沖縄農業研究センターにおいて, パネル構成員 13 名で, パン焼成当日に行った。パン官能評価の採点は外観および内相について合計 100 点満点で行い, 採点項目および配点は第Ⅱ-4 表の通りとした。なお, 採点項目である体積はパネル構成員の評価ではなく, パン比容積を換算して求めた。また, 各項目の配点に 0.8 をかけた値をカナダ産コムギ 1CW の点数（合計 80 点）とし, これを基準として各サンプルを評価し, 採点した。

統計解析は統計ソフトの SPSS（エス・ピー・エス・エス社製, 日本）により行った。

結果

1. 開花期の窒素追肥が生育，収量および外観品質に及ぼす影響

第Ⅱ-1 表に開花期の窒素追肥が生育，収量および外観品質に及ぼす影響を示した。開花期の窒素追肥量を多くするほど成熟期は遅くなり，「ミナミノカオリ」，「ニシノカオリ」とも 0 g m^{-2} 区と比較して 2 g m^{-2} 区は 1 日， 4 g m^{-2} 区は 3 日遅かった。倒伏程度には有意な差は認められなかったが，赤かび病の発生程度が高くなった。千粒重は重くなるものの，容積重，収量および検査等級に有意な差は認められなかった。

2. 開花期の窒素追肥が子実および 60 % 粉のタンパク質含有率，灰分，グルテンの質・量ならびに製粉物性に及ぼす影響

第Ⅱ-2 表に開花期の窒素追肥が子実および 60% 粉のタンパク質含有率・灰分，グルテンの質・量ならびに製粉特性に及ぼす影響を示した。子実のタンパク質含有率は，開花期の窒素追肥量が多いほど高くなり， 2 g m^{-2} 増やすごとに約 1% 高くなり，「ミナミノカオリ」では 2 g m^{-2} 施用において製パン適性からみたタンパク質含有率の基準値である 11.5% より高くなり，両品種とも 4 g m^{-2} 施用では約 12.5% となった。製粉特性では子実や 60% 粉の灰分含有率，製粉歩留およびミリングスコアは開花期の窒素追肥量による差はみられなかったが，60% タンパク質含有率は追肥量の増加により有意に高くなった。品種間では「ミナミノカオリ」は「ニシノカオリ」より子実の灰分含有率が有意に高く，製粉歩留およびミリングスコアが有意に低かった。グルテンの質と量を示す SDS-セディメンテーションテストの沈降量（以下沈降量とする）は開花期の窒素追肥量により有意に大きく，「ミナミノカオリ」は「ニシノカオリ」より有意に大きかった。グルテンの質を示すグルテンインデックスは開花期の窒素追肥量による有意な差は認められなかったが，「ミナミノカオリ」は「ニシノカオリ」より有意に高かった。

グルテンの量を示す湿グルテンは開花期の窒素追肥量が多いほど有意に高くなったが、品種による差は認められなかった。

3. 開花期の窒素追肥が生地物性やパン比容積に及ぼす影響

第Ⅱ-3 表に開花期の窒素追肥が生地物性に及ぼす影響、第Ⅱ-1 図に開花期の窒素追肥がパン比容積に及ぼす影響を示した。両品種とも開花期の窒素追肥量を多くすると、吸水率やバロリメーターバリューが有意に大きくなった。品種間では「ミナミノカオリ」は「ニシノカオリ」より吸水率は有意に小さかったが、生地の形成時間およびバロリメーターバリューが有意に大きかった。

エキステンソグラムの伸張抵抗は両品種とも 4 g m^{-2} 区で大きく、伸長度や面積は開花期の窒素追肥量が多くなるほど大きくなる傾向がみられた。品種間では「ミナミノカオリ」は「ニシノカオリ」より伸長抵抗、伸長度および面積とも有意に大きかった。

パン比容積は「ミナミノカオリ」で 4 g m^{-2} 区で有意に大きく、「ニシノカオリ」では開花期の窒素追肥量による処理間の差は小さかった。

第Ⅱ-1表 開花期の窒素追肥量と生育、収量および外観品質。

品種	追肥量 gm^{-2}	成熟期 月. 日	穂数 本m^{-2}	倒伏程度	赤かび病発生程度	千粒重 g	容積重 g	収量 gm^{-2}	検査等級
ミナミノカオリ	0	5.29	452	1.0	1.6	36.6	789	416	4.5
	2	5.30	473	1.2	1.6	37.1	790	423	5.0
	4	6. 1	446	1.3	1.9	37.3	791	429	5.5
ニシノカオリ	0	5.28	503	0.9	1.5	36.9	806	424	2.5
	2	5.29	504	1.2	1.8	38.9	818	431	2.5
	4	5.31	514	1.2	1.9	40.0	811	442	2.8
品種	—	—	**	ns	ns	**	**	ns	**
追肥量	—	—	ns	ns	**	*	ns	ns	ns
年次	—	—	**	**	**	**	**	**	**
品種×追肥量	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

値は2001～2003年の3ヶ年の平均を示す。

追肥量は開花期の窒素追肥量。

倒伏程度、赤かび病発生程度は0(無)～5(甚)の6段階表示で、検査等級は1(1等ノ上)～7(規格外)の7段階表示で示す。

*, **はそれぞれ5, 1%水準で有意であり、nsは有意でないことを示す。年次との交互作用は誤差として評価した。

第II-2表 開花期の窒素追肥が子実と60%粉のタンパク質含有率、灰分、グルテンの質・量および製粉特性に及ぼす影響。

品種	追肥量 gm ⁻²	子実		60%粉		製粉歩留 %	ミリングスコア %	沈降量	グルテン インデックス %	湿 グルテン %
		タンパク質 含有率	灰分	タンパク質 含有率	灰分					
		%	%	%	%					
ミナミノ	0	10.4	1.75	9.9	0.57	74.5	81.0	9.7	93.9	26.7
カオリ	2	11.9	1.76	11.3	0.62	74.1	78.1	12.0	81.9	33.1
	4	12.7	1.77	12.1	0.58	73.9	79.9	13.9	78.5	35.8
ニシノ	0	10.3	1.53	9.8	0.56	77.1	84.4	5.4	77.2	29.3
カオリ	2	11.3	1.52	10.7	0.59	77.5	83.3	6.3	73.1	34.2
	4	12.5	1.55	11.9	0.59	77.7	83.4	7.6	72.5	36.7
品種		ns	**	ns	ns	**	*	**	*	ns
追肥量		**	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	**
年次		*	*	+	*	*	*	**	ns	ns
品種×追肥量		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

値は2001～2002年の2ヶ年の平均を示す。

沈降量はSDS-セディメンテーションテストの沈降量。

+, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す。年次との交互作用は誤差として評価した。

第II-3表 開花期の窒素追肥量が生地物性に及ぼす影響

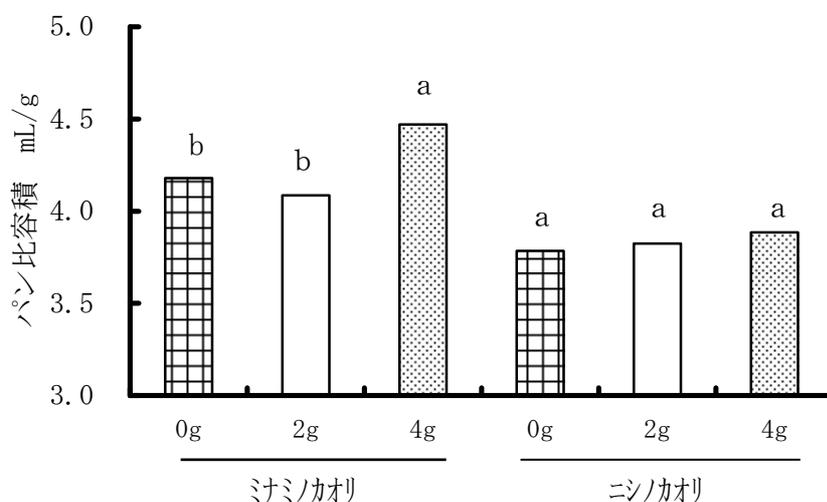
品種	追肥量 gm ⁻²	フェリノグラム				エキステンソグラム(135分)		
		Ab	DT	Stab	V.V	R	E	A
		%	分	分		B. U.	mm	cm ²
ミナミノ	0	61.7	5.6	4.3	61	294	249	101
カオリ	2	65.1	7.9	5.8	70	290	250	104
	4	64.9	7.3	10.0	71	339	259	124
ニシノ	0	66.2	2.3	2.4	46	256	178	62
カオリ	2	68.1	3.4	4.4	52	253	194	68
	4	69.5	5.0	4.8	59	271	199	73
1CW	—	69.1	10.0	8.7	79	607	223	183
品種		**	**	ns	**	*	**	**
追肥量		**	ns	ns	+	ns	ns	ns
年次		ns	ns	ns	ns	**	ns	*
品種×追肥量		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

値は2001～2002年の2ヶ年の平均を示す。

1CWは2002年の値を示す。

Abは吸水率, DTは生地の形成時間, Stabは生地の安定度, V.Vはバロリメーターバリュー, Rは伸長抵抗, Eは伸長度, Aは面積を示す。

+, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す。年次との交互作用は誤差として評価した。



第Ⅱ-1図 開花期の窒素追肥がパン比容積に及ぼす影響。
 パン比容積は品種に1%，追肥量に5%，品種と追肥量の交互作用に10%水準の有意差がある。
 同一品種内の異英文字間には追肥量間のTukeyの多重検定で5%水準の有意差が有ることを示す。

4. 開花期の窒素追肥がパン官能評価に及ぼす影響

第Ⅱ-4 表に開花期の窒素追肥がパン官能評価に及ぼす影響を示した。両品種とも開花期の窒素追肥量が多くなるほど、パン総点は優れる傾向がみられ、「ニシノカオリ」では有意に優れた。また、「ミナミノカオリ」における 4 g m^{-2} 区のパン総点は「ニシノカオリ」の 0 g m^{-2} 区や 2 g m^{-2} 区より有意に優れた。

5. 60%粉タンパク質含有率と生地物性およびパン比容積との関係

第Ⅱ-5 表に 60%粉タンパク質含有率が生地物性およびパン比容積に及ぼす影響を明らかにするため、60%粉タンパク質含有率と生地物性およびパン比容積との相関係数を示した。全区を込みにすると、60%粉タンパク質含有率とファリノグラムの各特性値、エキステンソグラムの伸長抵抗および面積、ならびにパン比容積との間に有意な正の相関がみられた。品種別では「ミナミノカオリ」ではファリノグラムの各特性値、エキステンソグラムの伸長抵抗および面積に有意な正

の相関がみられた。「ニシノカオリ」では生地安定度およびバリリメーターバリューに有意な正の相関がみられた。

6. 生地物性とパン官能評価の各項目との関係

第II-6表に生地物性がパン官能評価の各項目に及ぼす影響を明らかにするため、ファリノグラムのバリリメーターバリューやエクステンソグラムの各特性値とパン官能評価の各項目との相関係数を示した。バリリメーターバリューは形・均整、体積、すだち、色相、触感および総点と有意な正の相関を示した。伸長抵抗は体積、色相、触感および総点との間に有意な正の相関を示した。伸長度は焼色と有意な負の相関を示し、体積、触感と有意な正の相関を示した。面積は焼色と有意な負の相関を示し、体積、すだち、色相、触感および総点と有意な正の相関を示した。

また、60%粉タンパク質含有率（総点との相関係数 0.73ns）、沈降量（総点との相関係数 0.85*）、バリリメーターバリュー、エクステンソグラムの伸長抵抗、伸長度および面積について、ステップワイズ法（標準偏回帰係数の有意水準が10%以下であることを変数投入の打ち切り基準とする）により総点との重回帰分析を行うと、バリリメーターバリュー（標準偏回帰係数 0.737）と60%粉タンパク質含有率（標準偏回帰係数 0.370）が有意な要因として抽出され、 $R^2=0.943$ （ $n=6$ ）の重回帰係数が得られた（データ省略）。

第Ⅱ-4表 開花期の窒素追肥量がパン官能評価に及ぼす影響.

品種	追肥量 gm ⁻²	外観				内相						総点 100
		焼色	形, 均整	皮質	体積	すだち	色相	触感	香り	味		
		10	5	5	10	10	10	15	10	25		
ミナミノカオリ	0	7.8a	4.0a	4.1a	8.5	7.9a	7.8a	12.1a	8.0a	19.9a	80.0abc	
	2	8.0a	4.1a	4.0a	8.4	8.0a	7.7a	11.9ab	8.1a	20.3a	80.4ab	
	4	7.9a	4.1a	4.0a	9.1	8.1a	8.0a	12.3a	8.2a	20.6a	82.3a	
ニシノカオリ	0	8.1a	3.8a	3.9a	7.7	7.0b	7.4a	11.1b	8.1a	20.1a	77.2c	
	2	8.2a	4.1a	4.2a	7.8	7.8a	7.7a	11.6ab	8.1a	20.0a	79.4bc	
	4	8.1a	4.1a	4.1a	8.2	7.7a	7.8a	12.0ab	8.1a	20.7a	80.6ab	

値は2001年.

平均値につけた異英文字間にはパネル構成員を反復としたTukeyの多重検定により5%水準で有意差が有ることを示す.

体積はパネル構成員の評価ではなく、パン比容積の測定値を10点満点に換算して求めた.

第Ⅱ-5表 60%粉タンパク質含有率と生地物性およびパン比容積との関係.

	ファリノグラム			エキステンソグラム			パン比容積
	DT	Stab	V.V	R	E	A	
全区	0.70**	0.77**	0.72*	0.64**	0.36ns	0.63*	0.54*
ミナミノカオリ	0.82*	0.79*	0.86**	0.70+	0.33ns	0.74+	0.61ns
ニシノカオリ	0.72ns	0.81+	0.81*	0.24ns	0.69ns	0.70ns	0.62ns

全区は「ミナミノカオリ」と「ニシノカオリ」の全試験区込みにした.

Abは吸水率, DTは生地の形成時間, Stabは生地の安定度, V.Vはバリリメーターバリュー, Rは伸長抵抗, Eは伸長度, Aは面積を示す.

+, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す.

第Ⅱ-6表 生地物性とパン官能評価の各項目との相関関係.

	外観				内相						総点
	焼色	形, 均整	皮質	体積	すだち	色相	触感	香り	味		
V.V	-0.53ns	0.84*	0.30ns	0.83*	0.98**	0.87*	0.91*	0.21ns	0.34ns	0.92*	
R	-0.70ns	0.37ns	0.09ns	0.88*	0.65ns	0.84*	0.78+	0.33ns	0.23ns	0.76+	
E	-0.90*	0.32ns	-0.16ns	0.86*	0.71ns	0.61ns	0.75+	-0.02ns	0.08ns	0.64ns	
A	-0.84*	0.44ns	-0.12ns	0.96**	0.78+	0.77+	0.83*	0.24ns	0.24ns	0.80+	

V.Vはバリリメーターバリュー, Rは伸長抵抗, Eは伸長度, Aは面積を示す.

+, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す.

7. 製粉性, 生地物性およびパン比容積における開花期の窒素追肥量および品種間の分散成分

前述の結果より, 製粉性, 生地物性およびパン比容積は品種により異なり, 開花期の窒素追肥の影響を受けることが明らかになった. そこで, 製粉性, 生地物性およびパン比容積に及ぼす品種と窒素追肥量の影響について相対的重要性を比較した. 各項目における開花期の窒素追肥量間および品種間の繰り返しのない二

元配置による分散分析の結果と平均平方の分散成分から推定した窒素追肥量間と品種間の分散成分の値（スネデカー・コ克蘭 1974）を第Ⅱ-7表，第Ⅱ-8表および第Ⅱ-9表に示した．品種間と開花期の窒素追肥量間の分散成分の値をみると，60%粉タンパク質含有率では開花期の窒素追肥量の分散成分は品種間の分散成分より大きかった．ミリングスコアやバロリメーターバリュー，伸長抵抗を除くエキステンソグラムの各特性値およびパン比容積では品種間の分散成分は開花期の窒素追肥量の分散成分より大きかった．

第Ⅱ-7表 2品種の60%粉タンパク質含有率とミリングスコアの分散分析と開花期の窒素追肥量間および品種間の分散成分.

	自由度	60%粉タンパク質含有率		ミリングスコア		平均平方の分散成分
		平均平方	分散成分	平均平方	分散成分	
全体	11					
品種	1	0.14ns	0.008	48.80*	7.43	$\delta^2 + 6\delta_{y2}$
追肥量	5	1.71**	0.810	16.12+	5.96	$\delta^2 + 2\delta_{c2}$
誤差	5	0.09		4.20		δ^2

V. Vはバロリメーターバリューを示す.

+, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意であり，nsは有意でないことを示す.

品種間と追肥量間の分散成分は平均平方の分散成分から推定した(δy^2 : 品種間の分散成分, δc^2 : 追肥量間の分散成分, δ^2 : 誤差の分散成分).

第II-8表 2品種のエクステンシブグラム形質の分散分析と開花期の窒素追肥量間および品種間の分散成分.

	自由 度	R		E		A		平均平方の 分散成分
		平均 平方	分散 成分	平均 平方	分散 成分	平均 平方	分散 成分	
全体	11							
品種	1	6816.3*	1005.05	10591.0**	1784.40	5170.9*	834.08	$\delta^2 + 6 \delta_{y^2}$
追肥量	5	3937.7+	1575.85	113.5ns	24.45	484.6ns	159.10	$\delta^2 + 2 \delta_{c^2}$
誤差	5	786.0		64.6		166.4		δ^2

Rは伸長抵抗, Eは伸長度, Aは面積を示す.

+, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す.

品種間と追肥量間の分散成分は平均平方の分散成分から推定した(δ_{y^2} : 品種間の分散成分, δ_{c^2} : 追肥量間の分散成分, δ^2 : 誤差の分散成分).

第II-9表 2品種のバリロメーターバリューとパン比容積の分散分析と開花期の窒素追肥量間および品種間の分散成分.

	自由 度	V.V		パン比容積		平均平方の 分散成分
		平均 平方	分散 成分	平均 平方	分散 成分	
全体	11					
品種	1	720.8**	115.2	0.51**	0.08	$\delta^2 + 6 \delta_{y^2}$
追肥量	5	79.1ns	24.7	0.03ns	0.01	$\delta^2 + 2 \delta_{c^2}$
誤差	5	29.8		0.01		δ^2

V.Vはバリロメーターバリューを示す.

**は1%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す.

品種間と追肥量間の分散成分は平均平方の分散成分から推定した(δ_{y^2} : 品種間の分散成分, δ_{c^2} : 追肥量間の分散成分, δ^2 : 誤差の分散成分).

考察

コムギのタンパク質含有率は出穂期以降の窒素追肥によって高まることが知られており（佐藤ら 1999, 浦野・長嶺 2001, 2002, 佐藤・土屋 2004, 山下ら 2005), 地域別では東北, 関東, 関西, 九州の順にタンパク質含有率が低くなり, 同一地域内では水田作コムギは畑作コムギよりタンパク質含有率が低いことが報告されている（柴田 1988). パン用コムギとしての適正な子実のタンパク質含有率の基準値は 11.5~14%（注：総合食料局 2005. 麦価に関する資料）である.

本試験では開花期の窒素追肥が無施用の場合, 「ミナミノカオリ」と「ニシノカオリ」の子実のタンパク質含有率は10.3%であったが, 子実のタンパク質含有率は, 開花期の窒素追肥量が多いほど高くなり, 2 g m^{-2} 増やすごとに約1%高くなり, 「ミナミノカオリ」では 2 g m^{-2} 施用でパン適性からみたタンパク質含有率の基準値である11.5%より高くなり, 両品種とも 4 g m^{-2} 施用では約12.5%となった. この結果は, 出穂期以降の窒素追肥を 2 g m^{-2} 増やすごとに子実のタンパク質含有率は約1%高くなったことを明らかにした飯田ら（1991）や高山ら（2004）の報告を支持するものである.

開花期の窒素追肥により, 生地物性が優れ, パン比容積が有意に大きくなり, 佐藤ら（1999）や佐藤・土屋（2004）の報告と同様な結果となった. 60%粉タンパク質含有率とバリリメーターバリュー, 伸長抵抗および面積との間, さらにパン比容積とバリリメーターバリュー ($r=0.78^{**}$) やエクステンソグラムの各特性値（伸長抵抗 $r=0.64^{*}$, 伸長度 $r=0.85^{**}$, 面積 $r=0.83^{**}$ ）との間には有意な正の相関が認められた. したがって, 開花期の窒素追肥によりパン比容積が大きくなったことは, タンパク質含有率が高く, 生地物性が強くなったことによるものと考えられる. なお, 「ミナミノカオリ」と「ニシノカオリ」のパン官能評価の点数が基準とした1CWの値に比べて同等ないし, それより高い傾向にあったのは, 生地の捏ね強度などの製パン条件が1CWよりも国内品種に適した条件であっ

たためではないかと思われる。

また、開花期の窒素追肥がパン比容積に及ぼす影響には品種間差がみられ、「ミナミノカオリ」では、パン比容積が大きくなったが、「ニシノカオリ」ではパン比容積に及ぼす開花期の窒素追肥の効果は小さかった。

グルテンの質が劣る品種・系統はタンパク質含有率が高くても製パン適性が劣ることが指摘されている（池田 1961, 佐々木・長内 1969, 尾関ら 1988）。本試験において「ニシノカオリ」は「ミナミノカオリ」と比較して、湿グルテンと 60%タンパク質含有率に差がみられなかったが、沈降量やグルテンインデックスが小さかった。これはグルテンの量に両品種に差が無いが、品質に差があることを意味している。また、「ニシノカオリ」は「ミナミノカオリ」よりバロリメーターバリューやエキステンソグラムの各形質の値が小さいことから、生地物性が弱い。したがって、「ニシノカオリ」でパン比容積に対する開花期の窒素追肥の効果小さかった一つの要因は、グルテンの量ではなく質が「ミナミノカオリ」より劣り、生地物性が弱かったためであると推察される。

パン官能評価は両品種とも開花期の窒素追肥量が多くなるほど、パン総点が優れる傾向がみられ、「ニシノカオリ」では有意に優れた。開花期の窒素追肥量が多くなるほど、60%粉タンパク質含有率が高くなり、60%粉タンパク質含有率は生地物性であるバロリメーターバリュー、エキステンソグラムの各特性値と有意な正の相関関係を示した。さらに、バロリメーターバリューやエキステンソグラムの各特性値と、体積、色相、すだちおよび触感との間には有意な正の相関関係が認められた。このため、開花期の窒素追肥量が多くなるほど、粉タンパク質含有率が高くなり、生地物性が優れ、パン官能評価の体積およびすだちなどの各項目が良好になり、パン総点が優れた。

さらに、60%粉タンパク質含有率、沈降量および生地物性に対するステップワイズ法によりパン総点との重回帰分析を行った結果、バロリメーターバリューと

60%粉タンパク質含有率が有意な要因として抽出されたことから、パン総点へはバロリメーターバリューと60%粉タンパク質含有率の寄与が大きいことがわかる。

浦野・長嶺（2001, 2002）は生地の物性の強化やパン比容積の増大に対しては、品種や出穂後の窒素追肥の効果があることを指摘している。本試験においても、生地の物性の強化やパン比容積に対する開花期の窒素追肥の効果は追肥量や品種の違いにより異なった。そこで、60%粉のタンパク質含有率、生地の物性およびパン比容積において、開花期の窒素追肥量間および品種間の分散成分の値を比較すると、60%粉のタンパク質含有率では窒素追肥量間の分散成分が大きく、生地物性およびパン比容積においては品種間の分散成分の方が大きかった。このことから、タンパク質含有率は栽培・環境条件により影響を強く受けるものの、生地物性およびパン比容積においては品種固有の特性に強く支配されていることが示唆された。

第 2 節 出穂期前後の窒素追肥時期や尿素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

前節により、出穂期後に窒素を追肥すると、グルテン含量が増加して生地物性が強くなり、製パン適性が向上することが明らかとなった。しかし、出穂期以降、コムギの稈が伸長しており、穂が出ていることから窒素追肥作業は行いにくい。開花期頃はさらに降雨になることが多い。これらのことから、追肥作業の労力低減ならびに出穂期前や開花期以降の窒素追肥に対する施用適期幅の拡大が求められている。

一方、暖地・温暖地においては、出穂期後に最重要病害の一つである赤かび病防除のための薬剤散布を行うことが必須となっている。窒素追肥として乗用管理

機等で尿素を赤かび病防除剤と同時に葉面散布することができれば労力低減につながる。尿素の葉面散布については、安間ら（1954）、山下ら（2005）、竹内ら（2006）、佐藤ら（2009）が子実タンパク質含有率を向上させる効果について報告している。しかし、尿素の葉面散布が生地物性に及ぼす影響について検討された報告はみあたらない。

パン用コムギ品種において、出穂期前後の窒素追肥時期や尿素の葉面散布と生地物性との関係を検討することは、追肥労力の低減を前提とした暖地・温暖地の製パン適性を向上させるための窒素追肥技術を確立するうえで重要である。

そこで、本節では、パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の出穂期前後の窒素追肥時期や尿素の葉面散布が生地物性に及ぼす影響を検討した。

材料と方法

試験は 2001～2005 年（播種年）に福岡県農業総合試験場豊前分場（福岡県行橋市）で行ない、供試品種は「ミナミノカオリ」とした。

播種期は北部九州において標準期播にあたる 11 月 18～22 日とし、播種量は m^2 当たり目標出芽本数で 150 本とした。4 条のドリル播（畦幅 150 cm，条間 30 cm）とし、踏圧や土入れは 1 月上旬～2 月下旬に 2～3 回行った。試験規模は 1 区 $9.0 m^2$ の 2 反復とした。 m^2 当たり施肥量は基肥として 48 号（窒素・リン酸・加里を各 16% 含有）を 5.0 g，第 1 回追肥として本葉 5 葉期頃に NK 化成 2 号（窒素・加里を各 16% 含有）を 4.0 g，第 2 回追肥として主穂の幼穂長が約 2 mm の時期に NK 化成 2 号を 2.0 g とした。ただし，2001 年は第 2 回追肥を省いた。

1. 出穂期前後の窒素追肥

試験は 2001～2003 年に実施した。開花期に硫安（窒素を 21% 含有）を窒素成分で $4.0 g m^{-2}$ 施用した区（出穂後約 10 日，以下，出穂後 10 日区）と開花期後 15 日に施用した区（以下，出穂後 25 日区）を設けた。なお，2003 年では止葉展

開期に施用した区（出穂前7日，以下，止葉区）も設けた。

2. 尿素の葉面散布

試験は2004～2005年に実施した。赤かび病の防除適期である開花期（出穂後9～12日）と開花期後7～11日に尿素を窒素成分でそれぞれ 2.0 g m^{-2} （葉面散布，尿素の濃度4.3%，以下，尿素2回区），開花期に尿素を 4.0 g m^{-2} （葉面散布，尿素の濃度8.6%，以下，尿素1回区）施用した区，比較として硫安を開花期に 4.0 g m^{-2} 施用した区（以下，硫安区）を設けた。

3. 生育，収量および品質，生地物性

生育については，出穂期，成熟期，穂数， m^2 当たり粒数の調査を行うとともに，尿素の葉面散布の試験では葉焼け程度の調査を尿素2回目の処理後7日頃に行った。葉焼け程度については，止葉における葉焼けの発生面積に応じて，5：甚50%以上，4：30～49%，3：中15～29%，2：少6～14%，1：微1～5%，0：無0%のように数値化した。さらに，粒径2.0 mm以上の子実について，子実収量，千粒重，容積重および検査等級の調査を行った。なお，容積重はブラウエル穀粒計によって測定した。製粉はブラベンダーテストミルにより行い，A粉を品質試験に供試した。製粉および品質分析は小麦品質検定方法（農林水産技術会議事務局1968）に準じて行った。子実のタンパク質含量はケルダール法により求めた全窒素にタンパク質換算係数5.7を乗じて求めた。生地物性については，ファリノグラムを利用して，小麦品質検定方法に準じて行った。

結果

1. 出穂期前後の追肥が生育，収量，外観品質，グルテンの質・量および生地物性に及ぼす影響

出穂期前後の追肥が生育，収量，外観品質およびグルテンの質・量に及ぼす影響を第Ⅱ-10表，第Ⅱ-11表，生地物性に及ぼす影響を第Ⅱ-12表に示した。2003

年において追肥無区と比較して、いずれの追肥区も成熟期は 2～3 日遅かった。収量や収量構成要素に差はみられなかったが、子実のタンパク質含有率は 12% 以上と高く、パン・中華めん用コムギのランク区分の基準値である 11.5～14.0% の範囲内であった。なお、いずれの追肥区も追肥無区と比較して検査等級が劣る傾向であったのは、追肥による硬質粒の増加によるものであった。追肥区の中では、グルテンインデックスに差はみられなかったが、湿グルテンは高い傾向がみられ、出穂後 10 日区では有意に高かった。止葉期区は出穂後 10 日区と比較すると、成熟期は 1 日早く、生育、収量および子実タンパク質含有率に差はみられなかったが、湿グルテンが低い傾向がみられた。また、生地物性は吸水量が少なく、弱化度が大きく、バリリメーターバリューが小さかった。出穂後 25 日区は出穂後 10 日区と比較して、成熟期は同日～1 日早く、生育、収量に差はみられなかったが、2001～2002 年では子実タンパク質含有率が約 1 ポイント程度低く、2001 年では 11.6% とパン・中華めん用コムギのランク区分の基準下限値とほぼ同程度で、湿グルテンが低かった（第Ⅱ-11 表）。出穂後 25 日区は出穂後 10 日区と比較して、生地物性は弱化度が大きく、バリリメーターバリューが小さい傾向がみられた。

出穂期前後の窒素追肥試験におけるバリリメーターバリューと子実タンパク質含有率、湿グルテンおよびグルテンインデックスとの関係を第Ⅱ-13 表に示した。バリリメーターバリューはグルテンインデックスとは有意差が認められなかったが、2002～2003 年の子実タンパク質含有率と 2003 年の湿グルテンとは有意な正の相関が認められた。

第II-10表 出穂期前後の窒素追肥が生育, 収量, 品質およびグルテンの質・量に及ぼす影響.

試験区	成熟期	穂数	粒数	千粒重	収量	容積重	検査等級	子実タンパク質含有率	グルテンインデックス	湿グルテン
	(月・日)	(本/m ²)	(百粒/m ²)	(g)	(g/m ²)	(g)		(%)	(%)	(%)
追肥無	5.28	488	133	36.8	427	786	3.5	10.1b	94.0	30.7b
止葉期	5.30	487	142	37.1	440	785	5.0	12.2a	90.2	33.8ab
出穂後10日	5.31	477	131	37.7	448	789	6.0	12.9a	88.9	39.5a
出穂後25日	5.30	469	133	37.2	427	789	5.0	12.6a	92.9	36.1ab

値は2003年. 追肥無は出穂期前後の窒素追肥を施用していない.

検査等級は1 (1等ノ上) ~7 (規格外) の7段階表示で示す.

異英文字間には試験区間にTukeyの多重検定により5%水準で有意差が有ることを示す.

第II-11表 出穂期後の窒素施肥が生育, 収量, 品質およびグルテンの質・量に及ぼす影響.

年次	試験区	成熟期	穂数	粒数	千粒重	収量	容積重	検査等級	子実タンパク質含有率	グルテンインデックス	湿グルテン
		(月・日)	(本/m ²)	(百粒/m ²)	(g)	(g/m ²)	(g)		(%)	(%)	(%)
2001	出穂後10日	5.28	333	101	39.0	391	800	2.5	12.5	90.8	37.2
	出穂後25日	5.28	318	96	39.5	378	798	3.0	11.6	90.7	33.2
2002	出穂後10日	6.04	474	147	34.6	504	791	7.0	13.2	94.3	35.5
	出穂後25日	6.03	469	148	33.7	496	780	7.0	12.1	93.1	33.5
施肥法	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	*
年次	—	—	*	*	**	*	+	**	*	ns	ns
交互作用	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

検査等級は1 (1等ノ上) ~7 (規格外) の7段階表示で示す.

**, *, +はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す.

第II-12表 出穂期前後の窒素追肥がファリノグラム特性に及ぼす影響.

年次	試験区	吸水率	生地形成時間	生地安定度	弱化度	バリメーターバリュウ
		(%)	(分)	(分)	(BU)	
2001	出穂後10日	66.4	5.5	7.9	62.5	61.0
	出穂後25日	65.0	5.6	6.9	75.0	60.5
2002	出穂後10日	65.0	9.4	20.0	20.0	80.0
	出穂後25日	65.3	8.8	17.0	35.0	76.0
2003	止葉期	65.6b	4.4	4.6	80.0a	56.0b
	出穂後10日	68.0a	6.4	5.8	50.0b	66.5a
	出穂後25日	65.6b	4.9	5.6	47.5b	63.5ab

異英文字間には試験区間にTukeyの多重検定により5%水準で有意差が有ることを示す.

第II-13表 出穂期前後の窒素追肥試験におけるバリメーターバリュウと子実タンパク質含有率, 湿グルテンおよびグルテンインデックスとの関係.

年次	子実タンパク質含有率	湿グルテン	グルテンインデックス
2001	0.19ns	-0.11ns	-0.78ns
2002	0.98*	-0.19ns	0.25ns
2003	0.95**	0.79+	-0.15ns

数字は単相関係数.

**, *, +はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であり, nsは有意でないことを示す.

2001, 2002年 (n=4), 2003年 (n=6)

2. 尿素の葉面散布が生育、収量、品質、グルテンの質・量および生地物性に及ぼす影響

第Ⅱ-14 表に尿素の葉面散布が生育、収量、外観品質、グルテンの質・量に及ぼす影響を示した。成熟期はどの区も差がみられなかった。葉焼け程度は尿素の葉面散布を行った区は硫安区より大きい傾向で、尿素 1 回区では 2004 年、2005 年において、それぞれ 3.0、2.8 と有意に大きく、尿素 2 回区より大きかった。容積重は尿素 2 回区では軽かったが、穂数、千粒重、収量、検査等級、子実タンパク質含有率および湿グルテンに試験区間に差はみられなかった。グルテンインデックスは尿素 2 回区で高い傾向を示した。2005 年では全区とも子実タンパク質含有率が 13% 程度であったが、千粒重が 46 g 程度と重く、収量が 553~583 g/m² と多かった 2004 年度では 10% 程度であった。第Ⅱ-15 表に尿素の葉面散布が生地物性に及ぼす影響を示した。吸水量はどの区も差はみられなかったが、尿素 2 回区では生地形成時間や生地安定度が長く、バロリメーターバリューが大きかった。第Ⅱ-16 表に尿素葉面散布試験におけるバロリメーターバリューと子実タンパク質含有率、湿グルテンおよびグルテンインデックスとの関係を示した。2004 年、2005 年とも子実タンパク質含有率および湿グルテンとは有意な相関が認められなかったが、2005 年のグルテンインデックスとは有意な正の相関が認められた。

第II-14表 尿素葉面散布が生育、収量、品質およびグルテンの質・量に及ぼす影響。

年次	試験区	成熟期 (月・日)	穂数 (本/m ²)	葉焼け程度	千粒重 (g)	収量 (g/m ²)	容積重 (g)	検査等級	子実タンパク質含有率 (%)	グルテンインデックス (%)	湿グルテン (%)
2004	硫安	6.03	451	0.8b	45.9	583	844	1.0	10.0	94.9	29.1
	尿素1回	6.03	447	3.0a	46.0	566	845	1.0	9.8	96.3	26.4
	尿素2回	6.03	461	1.8b	46.1	553	843	1.0	10.1	97.2	27.9
2005	硫安	6.09	534	0.5b	38.7	507	809	3.0	12.9	88.2	35.9
	尿素1回	6.09	530	2.8a	39.3	493	812	2.0	12.9	85.9	37.9
	尿素2回	6.09	513	1.0b	38.6	491	806	3.0	13.3	92.4	37.2
施肥法	—	—	ns	**	ns	ns	*	—	ns	ns	ns
年次	—	—	**	*	**	**	**	—	**	*	**
交互作用	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns

葉焼け程度は葉焼けの発生面積に応じて、0(無)~5(甚)の6段階で表示した。
 検査等級は1(1等ノ上)~7(規格外)の7段階表示で示す。
 **, *, +はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であり、nsは有意でないことを示す。
 異英文字間には試験区間にTukeyの多重検定により5%水準で有意差が有ることを示す。

第II-15表 尿素葉面散布がファリノグラム特性に及ぼす影響。

年次	試験区	吸水率 (%)	生地形成時間 (分)	生地安定度 (分)	弱化度 (BU)	ハローメーターバリュウ
2004	硫安	64.9	4.3b	3.8	70.0	57.5
	尿素1回	65.6	5.2ab	5.2	70.0	60.0
	尿素2回	65.3	5.8a	5.7	57.5	63.5
2005	硫安	66.6	6.3	5.3	65.0	63.5
	尿素1回	65.2	5.4	5.0	65.0	60.5
	尿素2回	65.6	6.7	6.0	57.5	67.0
施肥法	—	ns	*	+	ns	+
年次	—	+	**	ns	ns	+
交互作用	—	*	+	ns	ns	ns

**, *, +はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であり、nsは有意でないことを示す。
 異英文字間には試験区間にTukeyの多重検定により5%水準で有意差が有ることを示す。

第II-16表 尿素葉面散布試験におけるパロリメーターバリュウと子実タンパク質含有率、湿グルテンおよびグルテンインデックスとの関係。

年次	子実タンパク質含有率	湿グルテン	グルテンインデックス
2004	0.49ns	-0.12ns	0.49ns
2005	0.40ns	-0.13ns	0.89**

数字は単相関係数。
 **は1%水準で有意であり、nsは有意でないことを示す。
 n=6.

考察

止葉期区は子実タンパク質含有率が 12%程度であったが、出穂期後 10 日区と比較し、子実タンパク質含有率や湿グルテンが低い傾向がみられた。ファリノグラム特性の吸水量が少なく、弱化度が大きく、バリロメーターバリューが小さく、生地物性は劣った。また、バリロメーターバリューは子実タンパク質含有率や湿グルテンと有意な正の相関が認められた。北海道や東北地域において佐藤ら（1999）や佐藤・土屋（2004）は止葉期や出穂期以降の追肥が、粉のタンパク質含有率を高め、それに伴い生地物性が優れたことを報告している。一方、西南暖地において、江口ら（1969）は日本めん用コムギでは出穂前の追肥より出穂後の追肥は子実タンパク質含有率の向上効果が大きいことを報告している。さらに、前章において湿グルテンが多いほど生地物性が強いことが明らかになっている。今回、止葉期の窒素追肥で生地物性が弱かった理由は、出穂期後 10 日の窒素追肥と比較し、子実タンパク質含有率が低いことによるグルテン含有率の低下によるものと考えられる。また、出穂期後 25 日区は出穂期後 10 日区と比較し、子実タンパク質含有率は 1%程度低かった。特に、2001 年では 11.6%とパン・中華めん用コムギのランク区分の基準下限値とほぼ同程度であった。さらに、湿グルテンが低く、バリロメーターバリューが小さい傾向であった。佐藤ら（1999a）はパン用コムギにおいて、融雪期～開花期後 2 週間までの追肥では、幼穂形成期および出穂期を除く時期では同程度の子実タンパク質含有率であること、岩井ら（1995）は日本麺用コムギにおいて、出穂期から出穂期後 30 日の範囲では窒素追肥時期による子実のタンパク質含有率の差は明確でなかったことを報告している。一方、辻ら（2001）は北海道の秋播コムギにおいて、追肥窒素の施用時期別利用率や子実への分配率は品種により異なるとしている。今回の試験で出穂期後 25 日区では出穂期後 10 日区と比較し、子実タンパク質含有率やグルテンの量が少

なくなり、バロリメーターバリューが小さく、生地物性が劣る傾向を示したことは、出穂期後 25 日区での追肥窒素の利用率が低く、子実への窒素の分配が少なかったことが考えられる。子実タンパク質含有率や生地物性に対する尿素葉面散布の効果については、尿素 1 回区は硫安区と比較して、子実タンパク質含有率、湿グルテンおよびグルテンインデックスに差は認められず同程度であった。この結果は、出穂後の尿素葉面散布は硫安と同等の子実タンパク質含有率の向上効果が認められることを明らかにした山下ら（2005）の報告を支持するものである。

Finney ら（1957）は尿素を葉面散布した場合、高濃度の尿素施用では、タンパク質含有率が向上してもパン体積は大きくなり、グルテンの合成が不完全で、水溶性タンパク質の割合が高い場合は十分なパン体積が得られないことを報告している。今回、尿素 1 回区は尿素 2 回区と比較して、グルテンインデックスが低い傾向で、生地形成時間や生地安定度が短く、バロリメーターバリューが小さかった。さらに、2005 年ではバロリメーターバリューとグルテンインデックスに有意な正の相関が認められた。これらの結果から、尿素 1 回区が尿素 2 回区より生地物性が劣った理由は、尿素 1 回区は尿素が高濃度であり、グルテンの合成が不完全で、水溶性タンパク質の割合が高かったためと考えられる。

また、尿素 1 回の葉面散布を行った区は硫安区より、葉焼け程度が大きかった。安間ら（1954）は尿素の濃度が 2% 以上の葉面散布では、葉焼けが発生することを明らかにしている。本試験において尿素 1 回区が葉焼け程度が大きかった理由は、尿素 1 回区の濃度が安間ら（1954）が指摘している濃度よりも 4 倍以上も高かったためと考えられる。その一方、尿素 2 回区は、安間ら（1954）の指摘濃度より高かったにもかかわらず、硫安区と比較して葉焼け程度に有意差が認められなかったことに対しては、現在のところ不明である。

以上のことから、追肥労力の低減技術を前提としたパン生地物性向上のための

窒素追肥技術を考えると，硫安では開花期頃，尿素では開花期頃とその7～10日後の赤かび病防除適期頃に防除をかねて，葉面散布として窒素成分で 2.0 g m^{-2} （尿素的濃度 4.3%）を2回に分けて施用することが最適であると考えられる。

第 3 章 早播がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の生地物性および製パン適性に及ぼす影響

出穂期後に窒素を追肥すると、グルテン含量が増加して生地物性が強くなり、製パン適性が向上することが報告されている（佐藤ら 1999a, 浦野・長嶺 2002, 佐藤・土屋 2004）。しかし、前章で出穂後の窒素追肥は成熟期を遅らせてしまうことが明らかとなったので、北部九州では、梅雨時期が収穫期と重なり、降雨により品質が低下してしまう恐れがある。収穫期は、早播栽培することで早めることができることから、早播栽培が雨害を回避する一つの方法になると考えられる。

これまで、北部九州における早播栽培は、10月下旬播種のように極端に早播でない限り、標準播栽培と同等の収量を得ることができ（佐藤ら 2003, 福嶌ら 2003）、製粉特性も変わらないことが明らかにされている（佐藤ら 2003）。しかし、早播栽培したパン用コムギ品種の製パン適性についての報告はない。

今後、北部九州では、パン用コムギ品種についても出穂後の追肥による品質向上とともに、早播栽培により収穫期の雨害回避を図らなければならないが、広く普及させるためには生産物の製パン適性が重要になる。

そこで、本章では、パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の早播栽培が生地物性および製パン適性に及ぼす影響を調査した。

材料と方法

試験は 2001～2002 年（播種年）に福岡県農業総合試験場豊前分場（福岡県行橋市）で行ない、供試品種は「ミナミノカオリ」とした。播種期は 2001 年は 11 月 9 日（早播区）、11 月 20 日（標準播区）、2002 年は 11 月 6 日（早播区）、11 月 19 日（標準播区）とした。播種量は、早播区で m^2 当たり出芽本数で 100 本、

標準播区で 150 本とした。4 条のドリル播（畦幅 150 cm，条間 30 cm）とし，踏圧と土入れは 1 月上旬～2 月下旬に 2～3 回行った。試験規模は 1 区 9.0 m² の 2 反復とした。m² 当たり窒素施肥量は基肥として 48 号（窒素・リン酸・加里を各 16% 含有）を 5.0 g，第 1 回追肥として本葉 5 葉期に NK 化成 2 号（窒素・加里を各 16% 含有）を 4.0 g，第 2 回追肥として主稈の幼穂長が約 2 mm の時期に NK 化成 2 号を 2.0 g，第 3 回追肥として出穂後約 10 日の開花期頃に硫安（窒素を 21% 含有）4.0 g を施用した。

生育については，出穂期，成熟期，穂数，粒数および倒伏程度の調査を行うとともに，粒厚 2.0 mm 以上の子実について，子実収量，千粒重，容積重および検査等級の調査を行った。なお，容積重はブラウエル穀粒計によって測定した。

製粉はブラベンダーテストミルにより行い，A 粉を品質試験に供試した。製粉および品質分析は小麦品質検定方法（農林水産技術会議事務局 1968）に準じて行った。粉のタンパク質含量はケルダール法により求めた全窒素にタンパク質換算係数 5.7 を乗じて求めた。コムギ粉の糊化特性についてはフォーリングナンバー値と最高粘度を測定した。フォーリングナンバー値は，子実を粉碎した粉 7 g（水分含量を 15% に換算）について，フォーリングナンバー 1800（Falling Number 社）により測定した。最高粘度は，ラピッドビスコアライザー（Newport Scientific 社製）により牛山ら（1997）の方法に準じて測定した。生地物性については，ファリノグラムを利用して，小麦品質検定方法に準じて行った。また，グルテンの質を示すグルテンインデックス，グルテンの量を示す湿グルテンはグルトマチックシステム（Falling Number 社）により測定した。グルテンの質および量を表す沈降量は SDS-セディメンテーションテストにより，Takata ら（1999）の方法をもとに，供試量を A 粉 1.0 g，膨潤時間を 24 時間として行った。

タンパク質の分画は、佐藤ら（1999a）の方法にもとづいて行った。A粉 3 g に 0.5 M 塩化ナトリウム（NaCl）溶液 30 mL を加え、 $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ の恒温機内で 2 時間攪拌し、遠心分離（ $13,000\times g$ 、10 分）によって上澄みを回収した。残渣から NaCl 溶液 30 mL で抽出を 2 回（2 時間 \times 1、1 時間 \times 1 回）繰り返し、上澄みを合わせて、アルブミン+グロブリン画分を得た。この残渣を 70% エタノールで同様に 3 回抽出し、上澄みを合わせてグリアジン画分を得た。さらに残渣を 0.02 M 水酸化ナトリウム（NaOH）で同様に 3 回抽出し、グルテニン画分を得た。グルテニン液 25 mL に 10% トリクロロ酢酸（TCA）溶液 10 mL を加え、30 分間攪拌し遠心分離してグルテニンの沈殿を得た。沈殿を蒸留水で洗浄後、0.05M 酢酸 25, 15, 8ml で抽出し、これらを合わせて酢酸可溶性グルテニン画分を得た。これら分画した溶液の全窒素を分析し、タンパク質換算係数 5.7 を乗じて各分画の含量を求めた。なお、酢酸不溶性グルテニン含量はグルテニン含量から酢酸可溶性グルテニン含量を差し引いて算出した。

製パン試験は九州沖縄農業研究センター水田研究利用部（福岡県筑後市）において、A 粉を供試して、前章と同様に行ない、パン比容積を測定した。

結果

1. 早播が生育、収量および外観品質に及ぼす影響

第Ⅲ-1 表に早播が生育、収量および外観品質に及ぼす影響を示した。早播区は標準播区と比べて、出穂期が 5~6 日、成熟期は 6 日早く、倒伏程度は大きくなった。収量、容積重および検査等級に有意な差は認められなかった。

2. 早播がフォーリングナンバー値、最高粘度、A 粉のタンパク質含有率、グルテンの質・量およびタンパク質組成に及ぼす影響

第Ⅲ-2 表に早播がフォーリングナンバー値、最高粘度、A 粉のタンパク質含有

率およびグルテンの質・量に及ぼす影響を示した。フォーリングナンバー値，最高粘度，A 粉タンパク含有率および湿グルテンに播種期による差はみられなかったが，早播区は標準播区と比べて，沈降量とグルテンインデックスが2カ年平均でそれぞれ 11.6 mL，76.1%と低く，グルテンの質が低かった。

次に，第Ⅲ-3 表に早播がタンパク質組成に及ぼす影響を示した。早播区は標準播区と比べて，タンパク質組成のアルブミン+グロブリン含有率とグリアジン含有率には差が認められなかったが，グルテニン含有率と酢酸不溶性グルテニン含有率が2カ年平均でそれぞれ 4.5%，1.4%と少なく，播種期による差が認められた。

第Ⅲ-1表 早播が生育，収量および外観品質に及ぼす影響。

播種年時	播種期	出穂期	成熟期	倒伏程度	穂数	粒数	千粒重	容積重	収量	検査等級
		月. 日	月. 日		本 ^{m⁻²}	百粒 ^{m⁻²}	g	g	gm ⁻²	
2001	早播	3. 31	5. 23	0. 8	307	105	41. 8	806	360	3. 0
	標準播	4. 5	5. 29	0. 5	319	116	40. 6	803	368	3. 5
2002	早播	4. 7	5. 30	1. 5	329	116	38. 2	793	378	7. 0
	標準播	4. 13	6. 5	1. 0	344	141	39. 6	803	445	7. 0
平均	早播	4. 4	5. 26	1. 1	318	111	40. 0	799	369	5. 0
	標準播	4. 9	6. 1	0. 8	331	128	40. 1	803	406	5. 3
	播種期	—	—	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	年次	—	—	**	ns	ns	*	*	ns	**
	播種期×年次	—	—	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

倒伏程度は，0（無倒伏）～5（完全倒伏）の6段階で，成熟期頃に達観調査した。

検査等級は，1（1等ノ上）～3（1等ノ下），4（2等ノ上）～6（2等ノ下）および7（等外上）の7段階で表示した。

＊，**はそれぞれ5，1%水準で有意であり，nsは有意でないことを示す。

第Ⅲ-2表 早播がフォーリングナンバー値，最高粘度，A粉タンパク質含有率，グルテンの質・含量に及ぼす影響.

播種年時	播種期	フォーリングナンバー値 秒	最高粘度 BU	A粉タンパク質含有率 %	沈降量 mL	グルテンインデックス %	湿グルテン %
2001	早播	426	277	12.0	11.8	78.8	38.5
	標準播	436	270	11.7	12.6	86.5	39.0
2002	早播	406	267	11.9	11.4	73.4	38.2
	標準播	378	276	12.1	12.9	82.8	39.8
平均	早播	416	272	12.0	11.6	76.1	38.3
	標準播	407	273	11.9	12.8	84.6	39.4
播種期		ns	ns	ns	+	+	ns
年次		+	ns	ns	ns	ns	ns
播種期×年次		ns	ns	ns	ns	ns	ns

+は10%水準で有意であり，nsは有意でないことを示す.

第Ⅲ-3表 早播がタンパク質組成に及ぼす影響.

播種年時	播種期	アルブミン+グロブリン %	グリアジン %	グルテニン %	酢酸不溶性グルテニン %
2001	早播	2.6	4.2	4.5	1.4
	標準播	2.6	4.1	4.8	1.7
2002	早播	2.7	4.1	4.6	1.3
	標準播	2.5	4.0	4.9	1.5
平均	早播	2.6	4.1	4.5	1.4
	標準播	2.5	4.1	4.8	1.6
播種期		ns	ns	+	+
年次		ns	ns	ns	ns
播種期×年次		ns	ns	ns	ns

+は10%水準で有意であり，nsは有意でないことを示す.

3. 早播が生地物性やパン比容積に及ぼす影響

第Ⅲ-4表に早播が生地物性やパン比容積に及ぼす影響を示した. 早播区は標準播区と比べて，ファリノグラムの吸水率は同程度であったが，生地の形成時間および生地の安定度が平均でそれぞれ4.8分，6.0分と短く，弱化度が83.8 BUと大きく，バリリメーターバリューが56.8であり，パン比容積は4.3 mL g⁻¹と小さかった.

4. A粉タンパク質含有率，タンパク質組成とグルテンの質・量，生地物性，パン比容積との関係

第Ⅲ-5表に A 粉タンパク質含有率，タンパク質組成とグルテンの質・量，バリメーターバリューおよびパン比容積との相関係数を示した。

A 粉タンパク質含有率およびアルブミン+グロブリン含有率ほどの形質との間においても有意な相関関係は認められなかった。一方，グリアジン含有率は湿グルテンとの間に，グルテニン含有率は沈降量，バリメーターバリューおよびパン比容積との間に有意な正の相関関係が認められた。また，酢酸不溶性グルテニン含有率は沈降量，グルテンインデックスおよびバリメーターバリューとの間に有意な正の相関関係が認められた。

また，グルテンの質とバリメーターバリューおよびパン比容積との関係では，沈降量とバリメーターバリュー ($r=0.86^{**}$)およびパン比容積 ($r=0.80^*$)との間に，グルテンインデックスとバリメーターバリュー ($r=0.72^*$)との間に有意な正の相関関係が認められた。

第Ⅲ-4表 早播が生地物性およびパン比容積に及ぼす影響。

播種年時	播種期	ファリノグラム					パン比容積 mLg ⁻¹
		Ab %	DT 分	Stab 分	Wk BU	V.V	
2001	早播	66.0	5.2	6.4	82.5	58.5	4.2
	標準播	65.6	6.5	9.3	50.0	67.0	4.6
2002	早播	66.0	4.4	5.6	85.0	55.0	4.4
	標準播	63.7	6.7	8.9	67.5	66.0	4.6
平均	早播	66.0	4.8	6.0	83.8	56.8	4.3
	標準播	64.6	6.6	9.1	58.8	66.5	4.6
	播種期	ns	*	*	*	**	+
	年次	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	播種期×年次	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Abは吸水率，DTは生地の形成時間，Stabは生地の安定度，Wkは弱化度，V.Vはバリメーターバリューを示す。

+, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意であり，nsは有意でないことを示す。

第Ⅲ-5表 A粉タンパク質含有率，タンパク質組成とグルテンの質・量，生地物性，パン比容積との相関係数.

	SV	GI	WG	V. V	比容積
タンパク	0.38ns	0.01ns	0.35ns	0.13ns	0.44ns
AB+GB	-0.01ns	0.02ns	-0.07ns	-0.24ns	0.06ns
GA	0.55ns	0.30ns	0.74*	0.27ns	0.61ns
GT	0.65+	0.34ns	0.35ns	0.73*	0.64+
NGT	0.81*	0.77*	0.26ns	0.82*	0.59ns

タンパクはA粉タンパク質含有率，AB+GBはアルブミン+グロブリン，GAはグリアジン，GTはグルテニン，NGTは酢酸不溶性グルテニン，SVはSDS-セディメンテーションテストの沈降量，GIはグルテンインデックス，WGは湿グルテン，V. Vはバリメーターバリューおよび比容積はパン比容積を示す。
2001～2002年の全区を込みにして解析を行った (n=8).
+, *はそれぞれ10, 5%水準で有意であり，nsは有意でないことを示す.

考察

早播は標準播に比較して，ファリノグラムのバリメーターバリューおよびパン比容積が小さく，生地物性が弱く，製パン適性は劣った。また，A粉タンパク質含有率および湿グルテンは差がみられなかったが，沈降量やグルテンインデックスは小さく，グルテンの質は低かった。沈降量とバリメーターバリューおよびパン比容積との間に，グルテンインデックスとバリメーターバリューとの間に有意な正の相関関係が認められており，これは，グルテンの質が高ければ，生地物性が優れ，パン比容積が大きくなることを示す。

グルテンの質が低い品種・系統はタンパク質含量が高くても製パン適性が劣ることが指摘されている（池田 1961，佐々木・長内 1969，尾関ら 1988）。したがって，早播はA粉タンパク質含有率に標準播との差がないにもかかわらず，生地物性が弱く，パン比容積が小さかった一つの要因は，グルテンの質が標準播より低かったためであると推察される。

本研究において，早播ではグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率が低く，生地物性が弱く，パン比容積が小さかった。これは，グルテニン含有率と生地物性およびパン比容積との間には有意な正の相関関係がみられること（佐藤ら 1999），製パン適性にはグルテニンの影響が大きいこと（Branlard ら 2001），製パン適性に優れる品種は酢酸不溶性グルテニン含有率が高いこと（Orth and Bushuk 1972）という報告と一致した。また，グルテニン含有率は沈降量と

の間に、酢酸不溶性グルテニン含有率は沈降量およびグルテンインデックスとの間に有意な正の相関関係が認められた。これは、グルテン含有率や酢酸不溶性グルテニン含有率が多いとグルテンの質が高まることを示す。よって、播種期の違いによるグルテンの質の差はグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率の差であると考えられる。

早播では生育後期に窒素が不足することが報告されている（吉田ら 1969）。グルテニンなどの貯蔵タンパクは比較的遅く蓄積されることが報告されており（Triboi ら 2003）、早播でグルテニン含有率が低かった要因は、生育後期の窒素不足である可能性がある。

本研究において、早播ではグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率が低く、グルテンの質が低く、製パン適性が劣ることが明らかになった。このため、早播を前提とした製パン適性の優れるコムギを生産するためには、早播でもグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率が高くなる栽培法の確立が必要である。Triboi ら（2003）は子実肥大期の窒素吸収量の増加により、グルテニンなどの貯蔵タンパクが増加することを報告しており、窒素施用法により、グルテニン含有率を増加させることができる可能性がある。

今後は、栽培環境とグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率との関係を明らかにして、グルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率を高めることによって、グルテンの質を向上させる栽培方法を確立する必要がある。

第4章 収穫時期がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の製粉性、生地物性および製パン適性に及ぼす影響

収穫時期と梅雨が重なる北部九州では、収穫前の降雨による穂発芽などの品質低下が大きな問題になることがしばしばあり、収穫時期は重要である。このため、パン用コムギの収穫時期と製粉性、生地物性および製パン適性を検討して、収穫適期を明らかにすることは、製パン適性の高いコムギを生産する上で、極めて大切である。一方、第2章で開花期の窒素追肥がタンパク質含有率を高め、製パン適性を向上させることを明らかにしたが、収穫時期と開花期における窒素追肥との有無との関係は明らかとなっていない。本章ではパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の収穫適期と収穫時期が開花期における窒素追肥反応に及ぼす影響について検討する。

第1節 パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の収穫適期

日本めん用コムギにおいて、コンバイン（平野ら 1969a）および製粉特性（佐藤 2004）からみた収穫適期は成熟期後 3～5 日で子実水分含量が 30%以下になった時期であると報告されている。パン用コムギにおいては、谷口ら（1990）や佐藤ら（1999b）はそれぞれ子実水分含有率が 41%、46%の早刈りで製パン適性の低下がみられたことを報告している。しかし、成熟期後の降水量が多い年を含めて、収穫時期の違いと、生地物性および製パン適性との関係を検討し、国内産パン用コムギ品種の収穫適期を明らかにした報告はみあたらない。

そこで、本研究では、パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」を用いて、収穫時期と生地物性や製パン適性の関係を検討して、製粉性、生地物性および製パン適

性が優れる収穫適期を明らかにした。

材料と方法

試験は2002年、2004年、2005年（播種年）に福岡県農業総合試験場豊前分場（福岡県行橋市）で行ない、供試品種は「ミナミノカオリ」とした。播種期は2002年、2004年ではそれぞれ標準播種期の11月19日、11月22日、2005年は晩播の12月20日とし、 m^2 当たり目標出芽本数は2002年と2004年で150本、2005年で200本とした。試験規模は1区 $9.0 m^2$ の2反復とした。4条のドリル播（畦幅150 cm、条間30 cm）とし、踏圧や土入れは1月中旬～3月上旬に2～3回行った。 m^2 当たり窒素施肥量は基肥として48号（窒素・リン酸・加里を各16%含有）を5.0 g、第1回追肥として本葉5葉期頃（2005年は本葉4葉期頃）にNK化成2号（窒素・加里を各16%含有）を4.0 g、第2回追肥として主稈の幼穂長が約2 mmの時期にNK化成2号を2.0 g、開花期の窒素追肥として出穂後約10日の開花期頃に硫安（窒素を21%含有）4.0 gを施用した。2002年では、成熟期が6月4日で、収穫時期は早刈りが6月5日で成熟期の1日後、標準刈りが6月9日で成熟期の5日後、遅刈りが6月13日で成熟期の9日後であった。2003年では、成熟期が6月3日で、収穫時期は早刈りが6月1日で成熟期の2日前、標準刈りが6月6日で成熟期の3日後、遅刈りが6月11日で成熟期の8日後であった。2005年では、成熟期が6月12日で、収穫時期は早刈りが6月13日で成熟期の1日後、標準刈りが6月19日で成熟期の7日後、遅刈りが6月24日で成熟期の12日後であった。本報告の成熟期とは、茎葉や穂首部分が黄化し、子実の緑色が脱色し、ロウの固さに達した子実が穂全体の80%を占め、子実水分含有率が30～35%に達した日とした。収穫および乾燥方法は、コンバイン収穫を想定して1区 $3.0 m^2$ を手刈りで収穫後、直ちに脱穀し、35℃の通風乾燥機に薄く広げ、子実水分含有率を12%以下まで乾燥させた。なお、2005年の遅刈り

では、降雨中に収穫したため、収穫物が濡れていたため、収穫物を天日乾燥舎で1 昼夜乾燥させた後、脱穀し、乾燥させた。その乾燥された子実について、粒厚2.0 mm のふるい目で調整し、千粒重、容積重および検査等級の調査を行った。なお、容積重はブラウエル穀粒計によって測定した。

製粉性は、製粉歩留、A 粉灰分含有率、A 粉タンパク質含有率およびフォーリングナンバー値によって評価した。製粉および品質分析は小麦品質検定方法（農林水産技術会議事務局 1968）に準じて行った。A 粉タンパク質含有率はケルダール法により求めた全窒素にタンパク質換算係数 5.7 を乗じて求めた。フォーリングナンバー値は、子実を粉碎した粉 7 g（水分含量を 15% に換算）をフォーリングナンバー1800（Falling Number 社）により測定した。生地物性については、ファリノグラムを利用して、小麦品質検定方法に準じて行った。また、グルテンの質を示すグルテンインデックス、グルテンの含量を示す湿グルテンはグルトマチックシステム（Falling Number 社）により測定した。

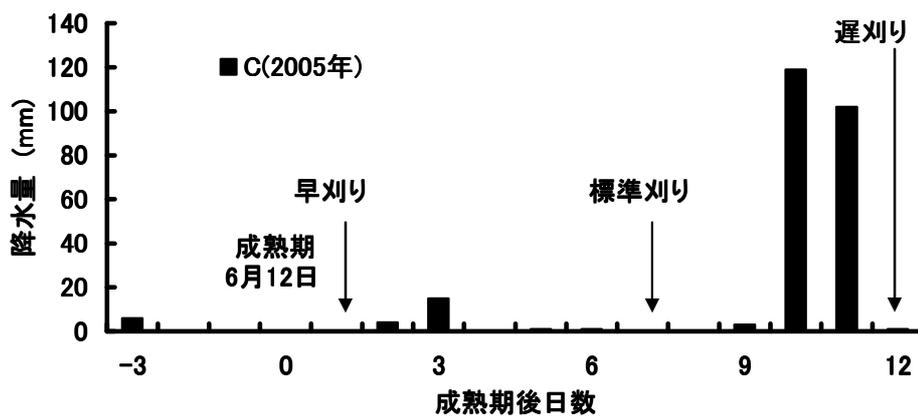
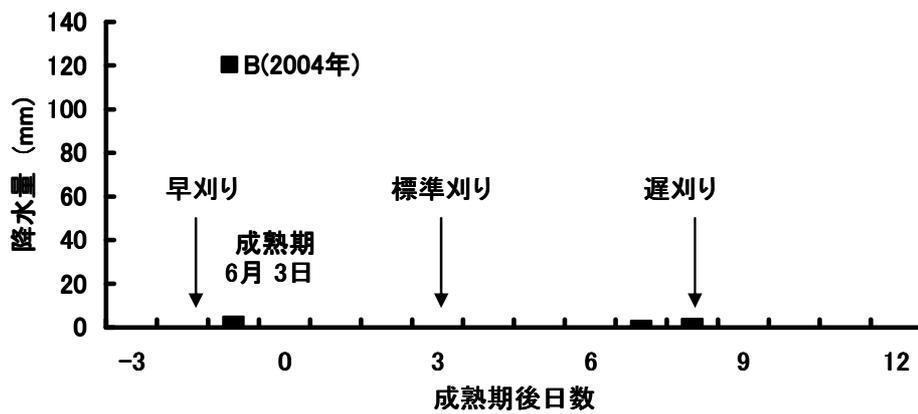
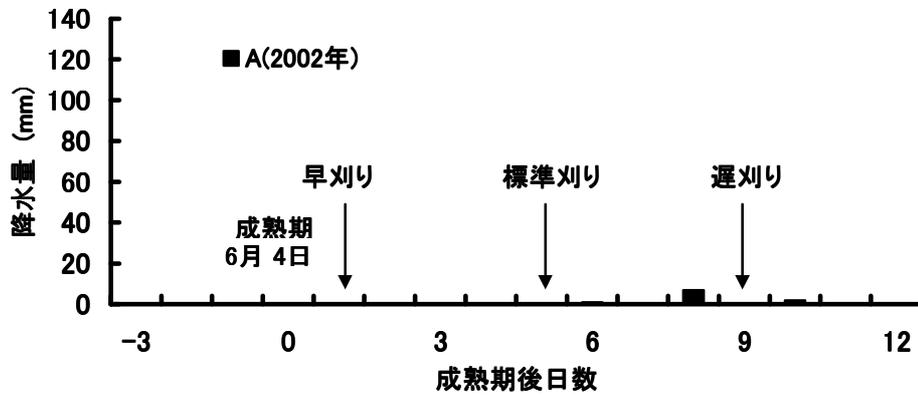
製パン適性については、2004 年のサンプルについて、JA 勝山パン加工場（福岡県みやこ町）において、A 粉を供試して、製パン試験を第 2 章と同様に行ない、パン比容積を測定した。統計解析は統計ソフトの SPSS（エス・ピー・エス・エス社製、日本）により行った。

結果

1. 成熟期前後の日別降水量

第IV-1 図に成熟期前後の日別降水量を示した。2002 年、2004 年では降雨が少なく推移したが、2005 年では 6 月下旬に断続的な降雨があった。早刈り～遅刈りまでの降水量は 2002 年では成熟期後 6 日に 1 mm、成熟期後 8 日に 7 mm の計 8 mm、2004 年では成熟期前 1 日に 5 mm、成熟期後 7 日に 3 mm の計 8 mm でそれぞれ平年の約 15% であった。2005 年では早刈り～標準刈りまでの降水量は 21 mm

であり、平年の36%であったが、標準刈り～遅刈りまでは225 mmであり平年の約3倍であった。



第IV-1図 成熟期前後の日別降水量
2005年の開花期の窒素追肥無区の成熟期は6月10日であった。
横軸のマイナスは成熟期前日数、その他は成熟期後日数を示す。

2. 収穫時期が子実水分含有率，千粒重，容積重，検査等級および製粉性に及ぼす影響

第IV-1 表に収穫時期が子実水分含有率，千粒重，容積重，検査等級および製粉性に及ぼす影響を示した。子実水分含有率は早刈りでは 26.1～37.0%と標準刈りの 11.4～19.6%より 3 カ年とも高かった。遅刈りでは 2004 年，2005 年では標準刈りと同程度であったが，2002 年では高かった。千粒重，製粉歩留，A 粉の灰分含有率およびタンパク質含有率には，収穫時期による差が認められなかった。容積重は標準刈りで重く，早刈りでは 2004 年で他の収穫時期より軽かった。遅刈りでは 2004 年で標準刈りと同程度に重かったが，2002 年，2005 年では他の収穫時期よりも軽かったことから，1%水準で交互作用が認められた。検査等級は 2002 年，2004 年では収穫時期による差はみられなかったが，2005 年では早刈りで良好で，遅刈りで劣ったことから，5%水準で交互作用が認められた。フォーリングナンバー値は，2004 年では早刈りで低かったが，2005 年では遅刈りで低かったことから，1%水準で交互作用が認められた。

3. 収穫時期がグルテンの質・量，生地物性および製パン適性に及ぼす影響

第IV-2 表に収穫時期がグルテンの質・量，生地物性および製パン適性に及ぼす影響を示した。湿グルテン，吸水率，生地の安定度および弱化度には収穫時期により差はみられなかったが，早刈りでグルテンインデックスが低く，生地形成時間が短く，バリリメーターバリューが低かった。パン比容積は収穫時期により差はみられなかった。なお，グルテンの質・量，生地物性については，収穫時期と年次との間には交互作用は認められなかった。

第IV-1表 収穫時期が子実水分含有率, 千粒重, 容積重, 検査等級および製粉性に及ぼす影響.

年次	収穫時期	子実水分含有率	千粒重	容積重	検査等級	製粉歩留	A粉灰分含有率	A粉タンパク質含有率	フォーリングナンバー
		%	g	g		%	%	%	秒
2002年	早刈り	26.5a	39.6	799a	7.0	65.8	—	12.2	376
	標準刈り	11.4c	39.4	800a	6.5	66.1	—	12.3	353
	遅刈り	18.5b	39.5	778b	7.0	65.6	—	12.4	360
2004年	早刈り	37.0a	46.1	818b	1.5	70.7	0.63	9.8	354b
	標準刈り	19.6b	46.0	839a	1.5	71.1	0.61	9.5	406a
	遅刈り	19.0b	45.5	842a	1.0	71.1	0.62	9.4	402a
2005年	早刈り	26.1a	40.2	798a	3.0a	68.0	0.59	11.5	341ab
	標準刈り	18.2b	39.9	797a	4.0ab	67.9	0.59	11.4	359a
	遅刈り	22.9ab	40.0	777b	6.5b	67.8	0.55	11.1	268b
刈取時期		**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
年次		**	**	**	**	**	ns	**	**
刈取時期×年次		**	ns	**	*	ns	ns	ns	**

2005年の遅刈りは, 天日乾燥舎で1昼夜乾燥した後の子実水分含量を示す.

検査等級は, 1 (1等ノ上) ~ 3 (1等ノ下), 4 (2等ノ上) ~ 6 (2等ノ下) および7(等外上) の7段階で表示した.

同一年次内の異なる文字間には収穫時期間にTukeyの多重検定により5%水準の有意差が有ることを示す.

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

第IV-2表 収穫時期がグルテンの質・量, 生地物性およびパン比容積に及ぼす影響.

年次	収穫時期	グルテン	湿	ファリノグラム					パン比容積
		インデックス	グルテン	Ab	DT	Stab	Wk	V. V	
		%	%	%	分	分	BU		mLg ⁻¹
2002年	早刈り	74.6	33.1	70.3	8.2b	9.8	53.5	73.0b	—
	標準刈り	90.2	37.3	72.3	10.2a	8.7	47.5	79.5a	—
	遅刈り	83.9	36.7	72.2	9.7a	9.6	49.0	78.5a	—
2004年	早刈り	81.7b	31.5	72.0	5.2b	8.3	40.0	64.0	4.0
	標準刈り	90.8a	32.3	72.1	6.3a	7.1	48.5	67.5	4.1
	遅刈り	90.7a	30.5	72.0	6.8a	8.9	48.0	68.5	4.1
2005年	早刈り	83.7	32.3	65.8	7.2	6.7	58.5	68.5	—
	標準刈り	91.5	31.9	66.5	8.6	8.7	52.0	75.5	—
	遅刈り	91.8	33.2	66.3	7.7	8.4	64.0	71.0	—
刈取時期		*	ns	ns	**	ns	ns	**	ns
年次		ns	**	**	**	ns	ns	**	—
刈取時期×年次		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

Abは吸水率, DTは生地の形成時間, Stabは生地の安定度, Wkは弱化度, V. Vはバリロメーターバリューを示す.

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

考察

コムギの早刈りは, 子実水分含有率を増加させ, グルテンの質を劣化させ, 生地物性に悪影響を及ぼした. アミログラム特性については, 2004年において早刈りすることでフォーリングナンバーが低下し, グルテンの質については, 早刈りすることでグルテンインデックスが低下し, 生地物性については, 早刈りすることでファリノグラムの生地の形成時間が短くなって, バリロメーターバリューが低下した. 東北地域においては, 佐藤ら (1999b) が子実水分含有率が46%程

度、谷口ら（1990）が40%程度、星野ら（1992）が35%程度で、グルテンの質の低下や生地物性が弱くなることを報告している。中国地域においては、平野ら（1969a）が子実水分含有率が35.6%の成熟期より18.1%の成熟期後4日の収穫の方が生地物性が強かったことを報告している。さらに、星野ら（1992）は子実水分含有率が20%程度に減少する過程においては、グルテンの質は収穫時期が遅いほど高まることを指摘している。これらの報告では子実水分含有率が35%以上という高水分でグルテンの質の低下、生地物性が弱くなったことに対して、今回は子実水分含有率が約26%の収穫でもグルテンの質やバロリメーターバリューが低下しており、この結果は暖地・温暖地でのパン用コムギの生産上、留意すべき点である。成熟期前や成熟期直後の早刈りでバロリメーターバリューが低くなることは、既報（平野ら1969a、谷口ら1990、星野ら1992、佐藤ら1999b）と一致した。また、2004年の成熟期前2日で子実水分含有率が37%であった早刈りで、容積重が軽く、フォーリングナンバー値が低かった結果は、子実水分含有率が30%以上の早刈りでの佐藤の報告（2004）と一致した。

一方、遅刈りは、2004年では容積重の低下はみられなかったが、2002年と2005年において容積重の低下がみられた。平野（1971）は立毛の子実水分含量が低いほど、降雨による吸水が大きいとしている。藤井ら（2004）は成熟期後の降雨による刈遅れが容積重を低下させる要因として、完熟した子実が吸水により膨張し、その後の立毛乾燥や温風乾燥によっても復元せず、粒当たり体積が増加するためとしている。2005年に容積重が低下した要因は、標準刈りから遅刈りまでの降水量が225 mmと多いため、子実の吸水量が多かったことが考えられる。また、2002年に容積重が低下した要因は、標準刈り以降の降水量は8 mmと少なかったが、それまでの子実水分含量が低く、膨張程度が大きくなり、粒当たり体積の増加が大きかったことが考えられる。

早刈りでは、子実水分含量が26%程度でも、ファリノグラムの生地の形成時

間が短く、バロリメーターバリューが低く、遅刈りでは、成熟期後の降水量が多い場合、アミログラム特性が劣り、成熟期後の降水量が少ない場合でも容積重が小さくなることがみられており、製粉性および生地物性は成熟期後 3～7 日の標準刈りが最も優れた。標準刈りの子実水分含有率は 11.4～19.6%と 20%以下であった。コンバインによる収穫（平野ら 1969）、製粉特性（佐藤 2004）からみた収穫適期は成熟期後 3～5 日で子実水分含量が 30%以下になった時期であるとされている。今回の試験のように、生地物性を考慮した場合、収穫時期は子実水分含有率が 20%以下になった時期が最適であると考えられる。

以上のことから、アミログラム特性および生地物性からみた北部九州におけるパン用コムギ「ミナミノカオリ」の最適収穫時期は成熟期後 3～7 日程度で、子実水分含有率が 20%以下となる時期であると考えられる。

第 2 節 収穫時期が開花期における窒素追肥反応に及ぼす影響

第 2 章により、開花期の窒素追肥がタンパク質含有率が高め、製パン適性を向上させることが明らかとなった。ところで、奥村（2004）は製パン適性は収穫時期よりタンパク質含有率により影響されることを報告している。しかし、著しい降雨がみられた場合、収穫時期やタンパク質含有率が相互に及ぼす影響について報告はみあたらない。そこで、著しい降雨がみられた場合の収穫時期が開花期における窒素追肥反応に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

試験は 2005 年に福岡県農業総合試験場豊前分場（福岡県行橋市）で行ない、供試品種は「ミナミノカオリ」とした。播種期は晩播の 12 月 20 日とし、 m^2 当たり目標出芽本数は 200 本とした。試験規模は 1 区 $9.0 m^2$ の 2 反復とした。4 条の

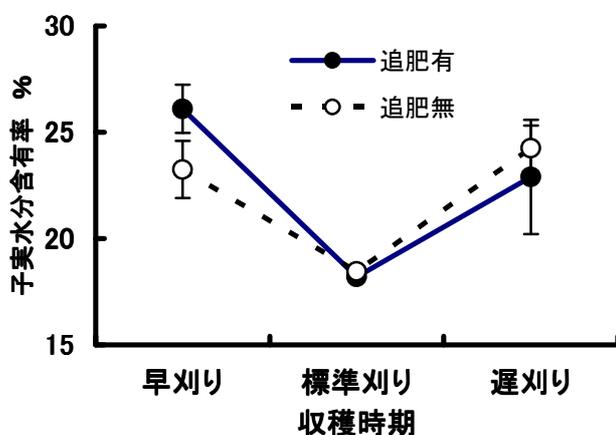
ドリル播（畦幅 150 cm, 条間 30 cm）とし，踏圧や土入れは 1 月中旬～3 月上旬に 2～3 回行った． m^2 当たり窒素施肥量は基肥として 48 号（窒素・リン酸・加里を各 16% 含有）を 5.0 g，第 1 回追肥として本葉 5 葉期頃（2005 年は本葉 4 葉期頃）に NK 化成 2 号（窒素・加里を各 16% 含有）を 4.0 g，第 2 回追肥として主稈の幼穂長が約 2 mm の時期に NK 化成 2 号を 2.0 g，開花期の窒素追肥として出穂後約 10 日の開花期頃に硫安（窒素を 21% 含有）4.0 g を施用した．また，収穫時期やタンパク質含有率が相互に品質に及ぼす影響を検討するため，開花期の窒素追肥を行わない区を設けた．収穫および乾燥方法は第 1 節と同様であった．

A 粉タンパク質含有率はケルダール法により求めた全窒素にタンパク質換算係数 5.7 を乗じて求めた．フォーリングナンバー値は，子実を粉碎した粉 7 g（水分含量を 15% に換算）をフォーリングナンバー 1800（Falling Number 社）により測定した．生地物性については，ファリノグラムを利用して，小麦品質検定方法に準じて行った．また，グルテンの質を示すグルテンインデックス，グルテンの含量を示す湿グルテンはグルトマチックシステム（Falling Number 社）により測定した．

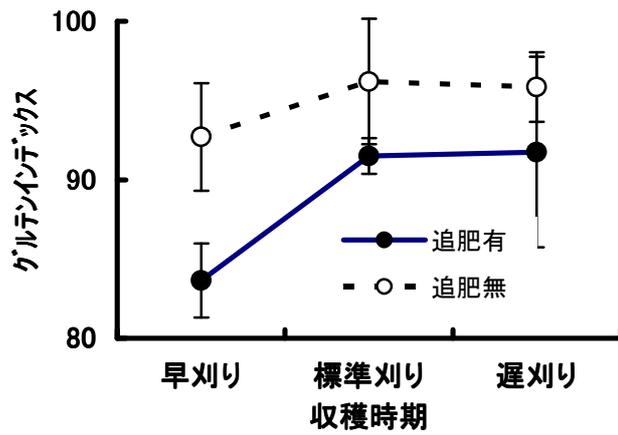
結果

A 粉タンパク質含有率は開花期における窒素追肥の有無による差がみられ，いずれの収穫時期においても追肥区は無追肥区より約 2.5% 高かった（データ略）．フォーリングナンバー値は，開花期における窒素追肥の有無による差がみられなかった（データ略）．第 IV-2 図，第 IV-3 図，第 IV-4 図および第 IV-5 図に収穫時期別に開花期における窒素追肥の有無が子実水分含有率，グルテンの質・量およびバロリメーターバリューに及ぼす影響を示した．子実水分含有率は早刈りでは窒素追肥区が高かったが，標準刈り，遅刈りでは窒素追肥による差は認められなかった．グルテンインデックスは早刈りでは窒素追肥区が低かったが，標準刈り，

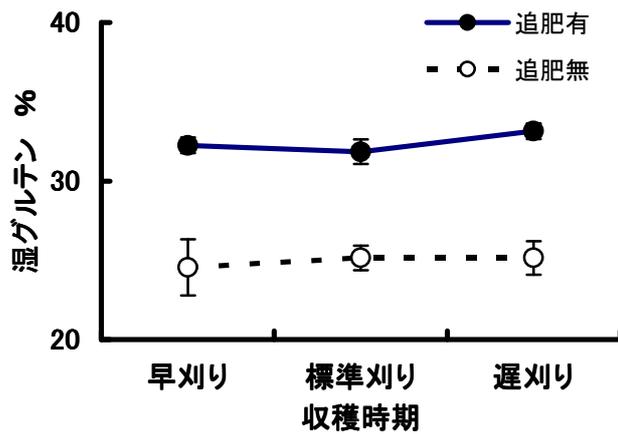
遅刈りでは窒素追肥による差は認められなかった。窒素追肥区の湿グルテンはいずれの収穫時期においても窒素無追肥区より高かった。バロリメーターバリューに及ぼす窒素追肥の有無は収穫時期によって異なった。早刈りでは窒素追肥区と窒素無追肥区の差が認められなかったものの、標準刈り、遅刈りでは窒素追肥区は窒素無追肥区より大きかった。また、窒素無追肥区では遅刈りによりバロリメーターバリューが有意に低下し、窒素追肥区より低下程度が大きかった。



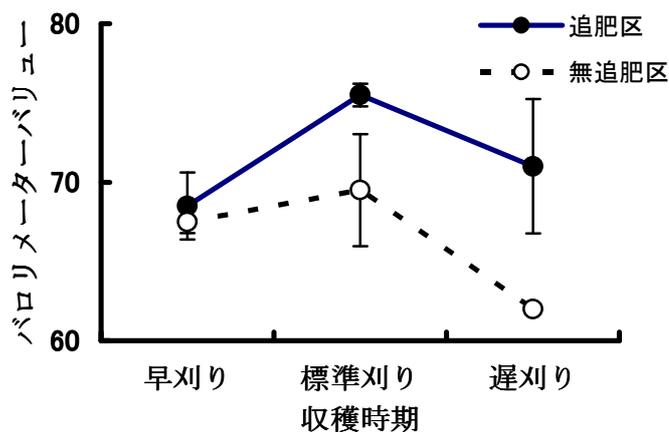
第IV-2図 収穫時期別の開花期における窒素追肥の有無が子実水分含有率の推移に及ぼす影響。縦棒は標準偏差。



第IV-3図 収穫時期別の開花期における窒素追肥の有無がグルテンインデックスの推移に及ぼす影響. 縦棒は標準偏差.



第IV-4図 収穫時期別の開花期における窒素追肥の有無が湿グルテンの推移に及ぼす影響. 縦棒は標準偏差.



第IV-5 収穫時期別の開花期における窒素追肥の有無がバリメーターバリューの推移に及ぼす影響. 縦棒は標準偏差.

考察

収穫時期別に開花期の窒素追肥の有無を設け、収穫時期やタンパク質含有率が相互に生地物性に及ぼす影響を検討した。いずれの収穫時期でも湿グルテンが増加したが、早刈りではグルテンインデックスは低下した。このことは開花期における追肥でタンパク質含有率が増加した場合、グルテンの量は増加するが、早刈りでは質が低下することを示唆している。また、標準刈りおよび遅刈りでは追肥によりバリメーターバリューが大きくなったが、早刈りでは追肥の有無による差異は認められなかった。これは標準刈りおよび遅刈りではグルテンの量が増加したことによりバリメーターバリューが大きくなったが、早刈りではグルテンの量の増加と質の低下が相殺されたと推察される。

さらに、遅刈りにおけるバリメーターバリューの低下程度は追肥区の方が小さかった。遅刈りでは前述の通り成熟期後の降雨が多く、両区ともフォーリングナンバー値が300秒未満と低アミロ（中津ら 2007）であった。Ichinoseら（2001）は生地物性が強い品種ほど、低アミロの場合でも生地物性の低下は小さいことを報告している。今回、追肥区が遅刈りで低アミロになった条件下でも、バ

ロリメーターバリューの低下程度は小さかった要因は，無追肥区と比べて，グルテンの質は同等であったが，グルテンの量が多く，生地物性が強かったためであると推察される．

このように，開花期の窒素追肥を施用して，タンパク質含量を高めた場合，遅刈りで，低アミロになった場合でも，バロリメーターバリューの低下が小さかったが，早刈りした場合は，グルテンの質が劣るため，留意が必要である．

第5章 コムギの子実タンパク質含有率の変動要因

国内産パン用コムギ品種は製パン適性が外国産コムギ品種と比べて必ずしも十分でなく（星野ら 1990，田谷ら 2003，吉川ら 2009，藤田ら 2009），その要因の一つとして製パン適性との相関が高いタンパク質含有率が低く，変動が大きい（神山ら 1990，佐藤ら 1998）ことが指摘されている．このため，実需者からはタンパク質含有率の高位安定化が求められている．

コムギの子実タンパク質含有率における変動要因については，これまでに年次間差（平野・江口 1969），地域間差（平野・江口 1969，柴田 1988），土壌の種類（佐藤ら 1987），地力（田中ら 2001）および施肥法（江口ら 1969，田中ら 2001）等の報告がある．しかし，近年の温暖化傾向にともない，気象変動が大きくなることが予想される中で，コムギの子実タンパク質含有率と気象条件および収量構成要素との関係について明らかにした報告は見当たらない．

そこで，本章ではコムギの子実タンパク質含有率の変動を明らかにするとともに，コムギの子実タンパク質含有率と気象条件および収量構成要素との関係について検討した．

第1節 近年の北部九州産コムギにおける子実タンパク質含有率低下の要因解析

近年の福岡県におけるコムギ作は登熟期間の気象に恵まれ，豊作傾向が続いている．特に，2006年および2007年の収量はそれぞれ平年比の125，118と極めて多かったが，その一方で，実需者からは子実タンパク質含有率の低下が指摘されている．したがって，コムギの子実タンパク質含有率における変動要因を明ら

かにすることは、今後の高品質コムギの安定生産を目指す上で極めて重要なこと
であると考えられる。

そこで、本報告では、日本めん用コムギ「チクゴイズミ」を供試し、1993～20
08年の作況試験データを解析して、近年におけるコムギの子実タンパク質含有
率の変動を明らかにするとともに、コムギの子実タンパク質含有率と気象条件お
よび収量構成要素との関係について検討した。

材料と方法

試験は1998年と2000年を除いた1993～2008年（播種年度で示す、以下同じ）
の14ヶ年に福岡県農業総合試験場（福岡県筑紫野市）のは場（灰色低地土、前
作は水稲）で、本県の栽培技術指針に準じて同一の条件で実施したコムギ作況試
験のデータを用いた。すなわち、供試品種は本県の主要品種である「チクゴイズ
ミ」、播種期は11月19～22日とし、播種量は m^2 当たり出芽本数で150本とし
た。また、4条のドリル播（畦幅140 cm）で、踏圧や土入れは1月上旬～2月下
旬に2～3回行った。 m^2 当たり窒素施肥量は基肥として5.0 g、第1回追肥とし
て本葉4～5葉期頃（1月下旬頃）に4.0 g、第2回追肥として茎立期頃（2月下
旬～3月上旬）2.0 gとした。また、完熟堆肥を播種前に m^2 当たり2kg施用した。
試験規模は1区14.0 m^2 の2反復とした。

生育については、出穂期、成熟期、粒数の調査を行うとともに、粒厚2.0mm
以上の子実について、子実収量および千粒重の調査を行った。子実タンパク質含
有率は収量調査用のサンプルを粉碎し、ケルダール法により求めた全窒素にタン
パク換算係数5.7を乗じ、水分13.5%換算で表した。気象データは気象庁の福岡
県太宰府アメダスによる観測データを利用した。

統計解析は統計ソフトのSPSS（エス・ピー・エス・エス社製、日本）により

行った。

結果

1.気象概況

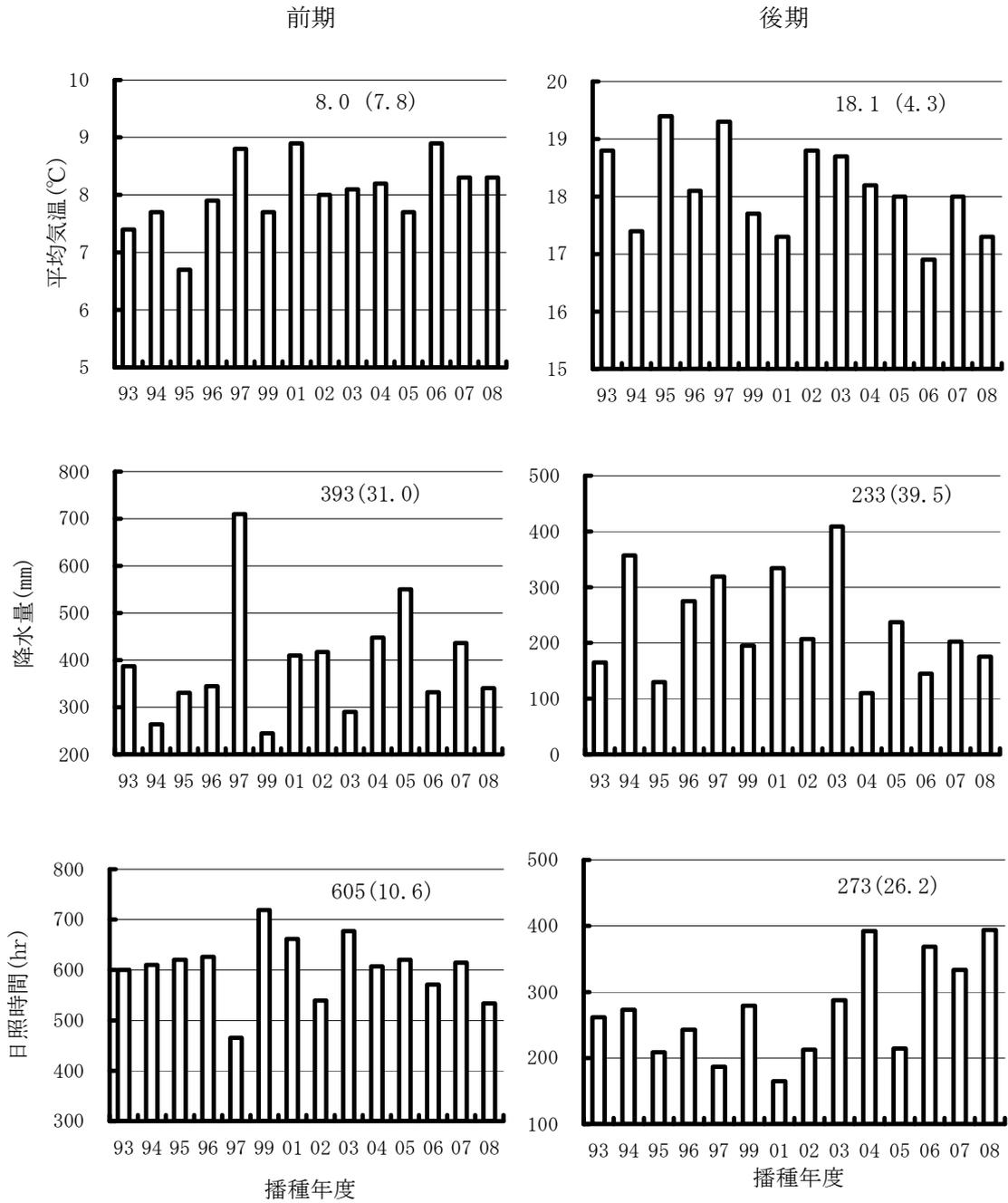
1993～2008 年における年次別のコムギの生育期間中の気象を、出穂期を境にして前期（播種期～出穂期）と後期（出穂期～成熟期）に分けて第V-1 図に示した。前期では、平均気温は 1997 年、2001 年および 2006 年が特に高く、近年高くなる傾向にあった。また、1997 年は降水量が多く、日照時間が少なく、逆に 1999 年は降水量が少なく、日照時間が多かった。

後期では、2005 年を除く 2004 年～2008 年の最近の 4 ヶ年で、降水量が少なく、日照時間が多い傾向にあった。このうち、2004 年と 2006 年における降水量はそれぞれ 110mm、145mm と著しく少なく、2004 年、2006 年および 2008 年における日照時間は 392 時間、369 時間および 394 時間と著しく多かった。また、平均気温は 1995 年と 1997 年が高かった。

2.年次別のコムギの子実タンパク質含有率、収量および収量構成要素

1993 年～2008 年における年次別のコムギの子実タンパク質含有率、収量および収量構成要素を第V-2 図に示した。このなかで、子実タンパク質含有率は 1993 年、1999 年、2004 年、2006 年および 2007 年では 8%以下で、特に 2004 年と 2006 年が 7.5%、2007 年が 7.3%と著しく低かった。収量は 1999 年、2006 年および 2007 年がそれぞれ 693 g m^{-2} 、 659 g m^{-2} および 651 g m^{-2} と多かった。穂数は 1999 年、2003 年および 2006 年が多く、全粒数は 1999 年、2006 年および 2007 年が多かった。千粒重は 1995 年、2006 年、2007 年および 2008 年がそれぞれ 40.7 g、39.8 g、40.8 g および 43.0 g と重かった。子実タンパク質含有率が著しく低かった 2004 年、2006 年および 2007 年では千粒重が重く、収量が多い

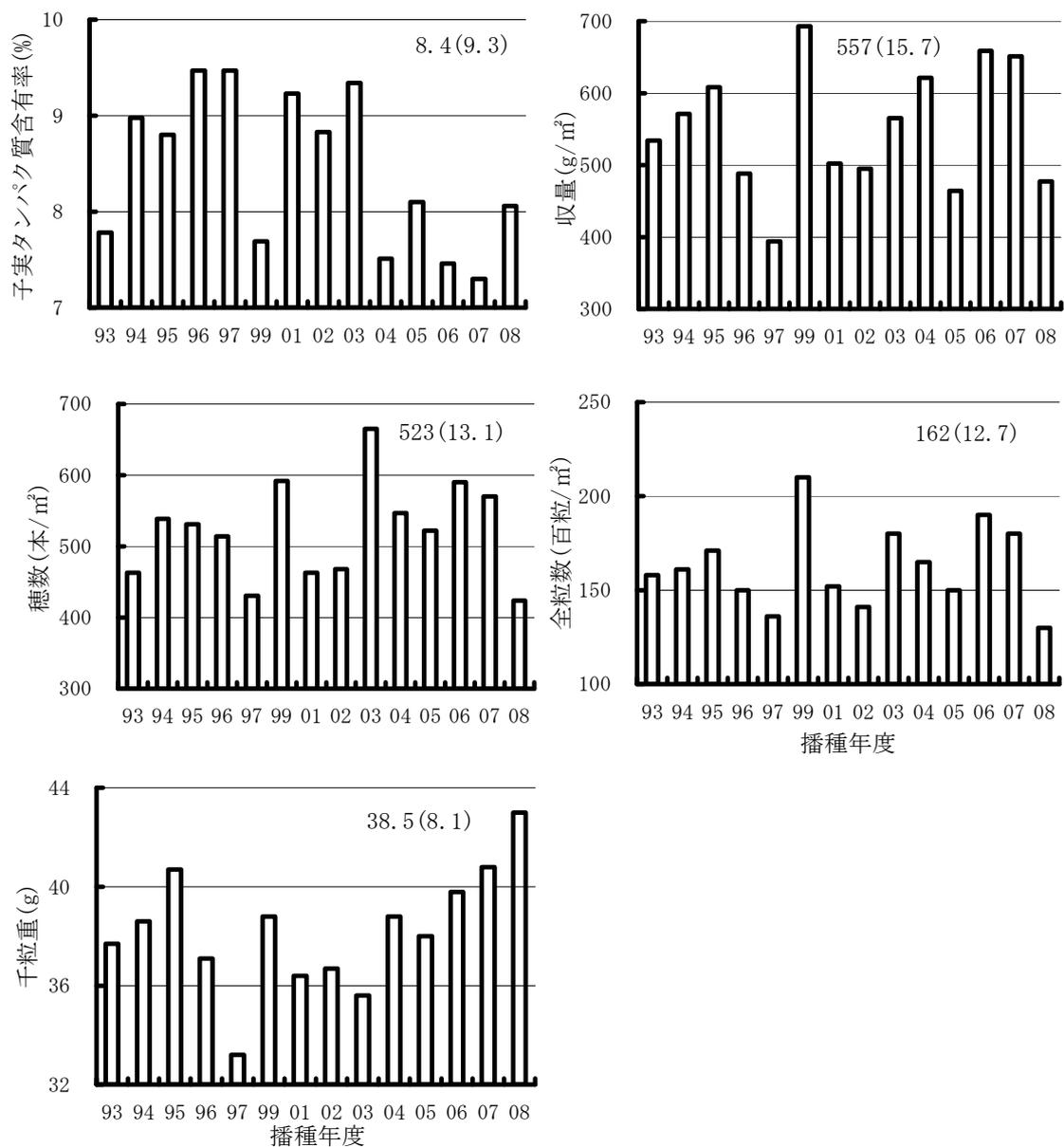
傾向が認められた。



第V-1図 年次別の平均気温，降水量および日照時間。

数値は平均値（変動係数）。

前期：播種期～出穂期，後期：出穂期～成熟期。



第V-2図 年次別の子実タンパク質含有率，収量および収量構成要素。
 数値は平均値（変動係数）。

3.コムギの子実タンパク質含有率、収量および収量構成要素と気象との関係

コムギの子実タンパク質含有率、収量および収量構成要素と気象との関係を第V-1表に示した。前期では、穂数は降水量との間に負の、日照時間との間に正のともに5%水準で有意な相関関係が認められた。全粒数は降水量との間に10%水準で負の、日照時間との間に1%水準で正の有意な相関関係が認められた。また、収量も降水量との間に負の、日照時間との間に正のともに5%水準で有意な相関関係が認められた。これに対し、子実タンパク質含有率と平均気温、降水量および日照時間との間には相関関係は認められなかった。

後期では、千粒重は降水量との間に負の、日照時間との間に正のともに5%水準で有意な相関関係が認められた。収量は日照時間との間に10%水準で有意な相関関係が認められた。これに対し、子実タンパク質含有率は降水量との間に正の、日照時間との間に負の、ともに1%水準で有意な相関関係が認められた。

後期の日照時間または降水量と有意な相関関係が認められた収量および千粒重と子実タンパク質含有率との関係を第V-3図に示した。子実タンパク質含有率は収量および千粒重との間にともに5%水準で有意な負の相関が認められた。

また、後期の気象要因について、ステップワイズ法（標準偏回帰係数の有意水準が10%以下であることを変数投入の打ち切り基準とする）により子実タンパク質含有率との重回帰分析を検討した結果、降水量（標準偏回帰係数 0.549）と日照時間（標準偏回帰係数 0.431）が有意な要因として抽出され、 $R^2=0.699$ （ $n=14$ ）の重回帰係数が得られた。この場合の重回帰式は以下の通りであった。

$$y=8.576+0.004821x_1-0.004650x_2$$

yは子実タンパク質含有率、 x_1 は後期の降水量、 x_2 は後期の日照時間。

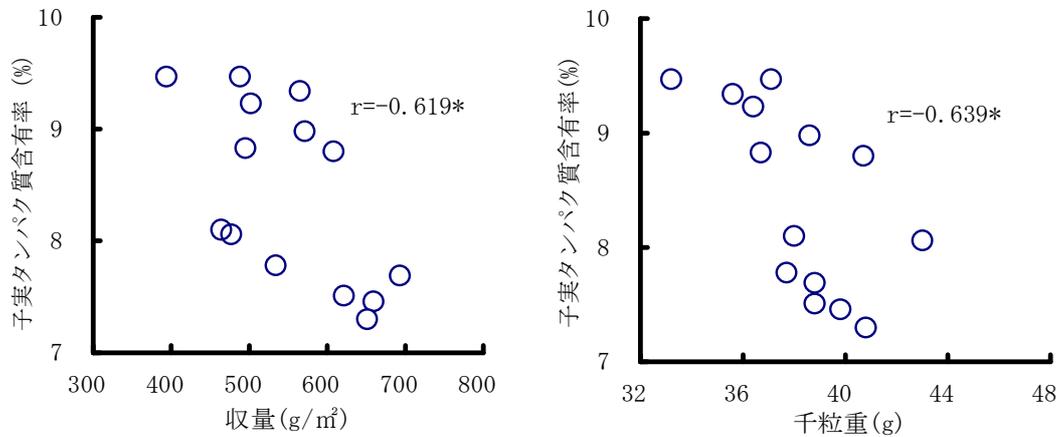
この式から、後期の降水量が100mm、日照時間が100時間多くなると、それぞれ子実タンパク質含有率は0.48%増加、0.47%減少すると推定された。

第V-1表 コムギの収量，収量構成要素および子実タンパク質含有率と気象との関係。

項目	前期			後期		
	平均気温	降水量	日照時間	平均気温	降水量	日照時間
穂数	-0.07	-0.61*	0.59*	—	—	—
全粒数	-0.15	-0.49+	0.68**	-0.15	-0.13	0.21
千粒重	-0.18	-0.42	-0.01	-0.44	-0.56*	0.65*
収量	-0.19	-0.62*	0.57*	-0.29	-0.40	0.50+
子実タンパク質含有率	0.01	0.12	-0.10	0.35	0.74**	-0.68**

数字は単相関係数。前期：播種期～出穂期，後期：出穂期～成熟期。

**，*，+：それぞれ1%，5%および10%水準で有意である，その他は有意でない。



第V-3図 コムギの子実タンパク質含有率と収量および千粒重との関係。
*は5%水準で有意である。

考察

本試験では，1993～2008年における作況試験，すなわち同一圃場および同様の栽培方法におけるコムギ品種「チクゴイズミ」の子実タンパク質含有率と気象および収量，収量構成要素との関係について検討した。

子実タンパク質含有率が著しく低かった2004年，2006年および2007年では千粒重が重く，収量が多い傾向が認められ，2005年を除く2004年～2008年の最近の4ヶ年で，降水量が少なく，日照時間が多い傾向にあった。コムギの収量および収量構成要素と気象との関係をみると，千粒重は降水量との間に負の，日照

時間との間に正の有意な相関関係が認められ、収量は日照時間との間に正の相関関係が認められ。後期において少降水および多日照の条件下で千粒重が重く、多日照で収量が多い傾向であった。これらの解析結果は、1952年～1979年の28年間のコムギ品種「農林 61 号」において、多照ほど千粒重は重く、少降水で多照ほど多収になったという報告（田谷ら 1981）とほぼ同様であった。

次にコムギの子実タンパク質含有率と収量および収量構成要素との関係をみると、子実タンパク質含有率は千粒重と収量との間に負の相関が認められ、子実タンパク質含有率は千粒重が重く、収量が多くなるほど低くなる傾向にあった。

子実タンパク質含有率は、春播栽培と比べて窒素吸収量に差がなく収量性が高い初冬播栽培で低かったこと（佐藤・土屋 2002）、同一の施肥条件の場合には子実タンパク質含有率は収量と反比例すること（江口ら 1969）、登熟不良で千粒重が小さい年に高かったこと（平野・江口 1969）が報告されている。さらに、登熟期間が少降水および多日照の場合には光合成によるデンプン蓄積が促進されて、千粒重が増加することが指摘されている（和田 2000）。

以上のことから、コムギの子実タンパク質含有率は気象条件の影響を強く受け、登熟期間における少降水および多日照によって光合成によるデンプン蓄積が促進されて、千粒重が重く、収量が高くなる結果、子実タンパク質含有率が低くなると考えられた。

なお、1995年は千粒重が重く、多収であったが、子実タンパク質含有率が低下しなかった。琴寄（2001）は前期の平均気温が低く、降水量が少ない場合には、土壌中の有効態窒素の残存量が多いと報告している。1995年は前期の平均気温が低く、降水量も少なかったことから1995年に子実タンパク質含有率が低下しなかった理由は土壌中の有効態窒素の残存量が多かったためと考えられる。また、1999年は千粒重は重くなかったが、多収で、子実タンパク質含有率が低下した。1999年は試験年の中で、前期の降水量が少なく、日照時間が多かったため、全

粒数が著しく多かった。江口ら（1969）は同一の施肥条件では、子実タンパク質含有率は収量と反比例することを報告しており、1999年は全粒数が著しく多かったため、千粒重は重くなかったが、多収となり、子実タンパク質含有率が低くなったものと考えられる。

現在、国内産コムギの品質向上が求められる中で、日本めん用コムギの子実タンパク質含有率を10～11%に維持することが重要な課題の一つとなっている。このような中で、本試験では、コムギの子実タンパク質含有率は分けつ期間を含む前期の気象条件の影響は小さく、登熟期間における少降水および多日照によって、千粒重が重い場合に低下しやすいことを明らかにした。このことは、子実タンパク質含有率が高い高品質のコムギを生産する上で、極めて重要な知見であると考えられる。したがって、登熟期間の多日照による千粒重の増加によって高収量が予想される場合には、子実タンパク質含有率を向上させる対策として、出穂期以降の追肥が有効な手段（田中ら 2001、高山ら 2004）であると考えられる。高山ら（2004）は出穂期後の10a当たり穂揃期の窒素追肥量2 kgで子実タンパク質含有率は約1%向上することを報告している。また、本試験において子実タンパク質含有率と登熟期間の気象要因との重回帰分析を検討した結果、降水量と日照時間が有意な要因として抽出され、重回帰式により登熟期間の降水量が100 mm、日照時間が100時間多くなるとそれぞれ子実タンパク質含有率は約0.5%増加、約0.5%減少した。これらの知見は出穂期以降の追肥を実施するにあたっての有効な情報となりうるものと考えられる。

また、その一方で、近年の肥料高騰に対応したコスト削減技術や省力化技術もコムギ生産の重要な課題となっている。このため、今後は、地力の向上、緩効性肥料を用いた施肥法の改善および子実タンパク質含有率の早期推定法の確立等によって、より効率的なコムギのタンパク質含有率の向上技術を確立することが必要であると考えられる。

第 2 節 パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率の変動要因

前節により子実タンパク質含有率の年次変動の主たる要因としては、日本めん用コムギ品種では登熟期の降水量や日照時間が報告されている。しかし、パン用コムギ品種では年次変動要因に関する報告はみあたらない。

パン用コムギ品種の子実タンパク質含有率の変動要因を明らかにして、高位安定化を図ることは、今後の製パン適性の高いコムギを安定生産する上で極めて重要なことである。

そこで、本報告では、パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率と気象条件および収量構成要素との関係を明らかにして、子実タンパク質含有率の変動要因を検討した。

材料と方法

試験は 2001～2006 年（播種年度で示す、以下同じ）の 6 年間にわたって福岡県農業総合試験場豊前分場（福岡県行橋市）で行い、供試品種は「ミナミノカオリ」とした。播種期は 11 月 18 日～22 日で、播種量は m^2 当たり出芽本数で 150 本とした。4 条のドリル播（畦幅 150 cm, 条間 30 cm）とし、踏圧と土入れは 1 月上旬～2 月下旬に 2～3 回行った。 m^2 当たり窒素施肥量は基肥として化成肥料（窒素・リン酸・加里を各 16% 含有）を 5.0 g, 第 1 回追肥として本葉 4～5 葉期頃（1 月下旬頃）に化成肥料（窒素・加里を各 16% 含有）を 4.0 g, 第 2 回追肥として茎立期頃（2 月下旬～3 月上旬）に化成肥料（窒素・加里を各 16% 含有）を 2.0 g, 開花期の窒素追肥として出穂後約 10 日の開花期頃に化成肥料（窒素を 21% 含有）を 4.0 g とした。また、完熟堆肥を播種前に m^2 当たり 2 kg 施用し

た．2003～2005 年においては開花期の窒素追肥量を 0, 4.0 , 8.0 g の 3 水準を設定した．試験規模は 1 区 9.0 m² の 2 反復とした．

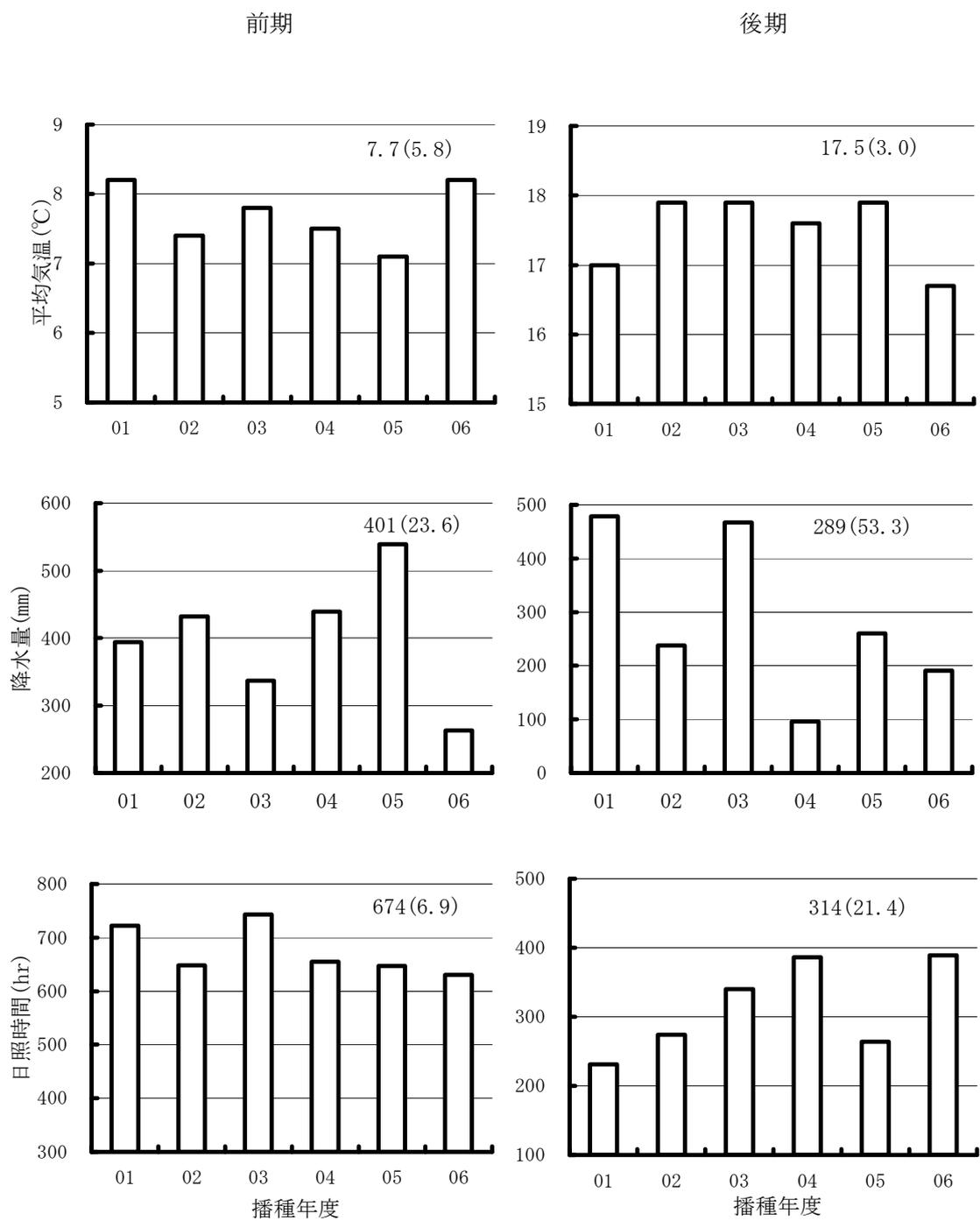
生育については，出穂期，成熟期，粒数の調査を行うとともに，粒厚 2.0 mm 以上の子実について，子実収量および千粒重の調査を行った．子実タンパク質含量はケルダール法により求めた全窒素にタンパク質換算係数 5.7 を乗じ，子実水分を 13.5% に換算して求めた．気象データは気象庁の福岡県行橋アメダスによる観測データを利用した．

統計解析は統計ソフトの SPSS（エス・ピー・エス・エス社製，日本）により行った．

結果

1. 気象概況

2001～2006 年における「ミナミノカオリ」生育期間の日照時間と降水量を第V-4 図に示した．前期（播種～出穂期）では，平均気温は 6 年間の平均で 7.7℃であり，2001 年，2006 年が 8.2℃と高く，2005 年が 7.1℃と低かった．降水量は 6 年間の平均で 401 mm であり，2005 年が 539 mm と多く，2006 年が 263 mm と少なかった．日照時間は 6 年間の平均で 674 時間で，2003 年が 743 時間と多く，2006 年が 630 時間と少なかった．後期（出穂期～成熟期）では，平均気温は 6 年間の平均で 17.5℃で，2002 年，2003 年，2005 年が 17.9℃と高く，2006 年が 16.7℃で低かった．降水量は 6 年間の平均で 289 mm であり，2001 年が 479 mm と多く，2004 年が 96 mm と著しく少なく，変動係数は 53.3 と高かった．日照時間は 6 年間の平均で 314 時間で，2004 年が 386 時間，2006 年が 389 時間と長く，2001 年が 231 時間と短かった．



第V-4図 平均気温，降水量および日照時間の推移。

数値は2001～2006年の平均値（変動係数）。

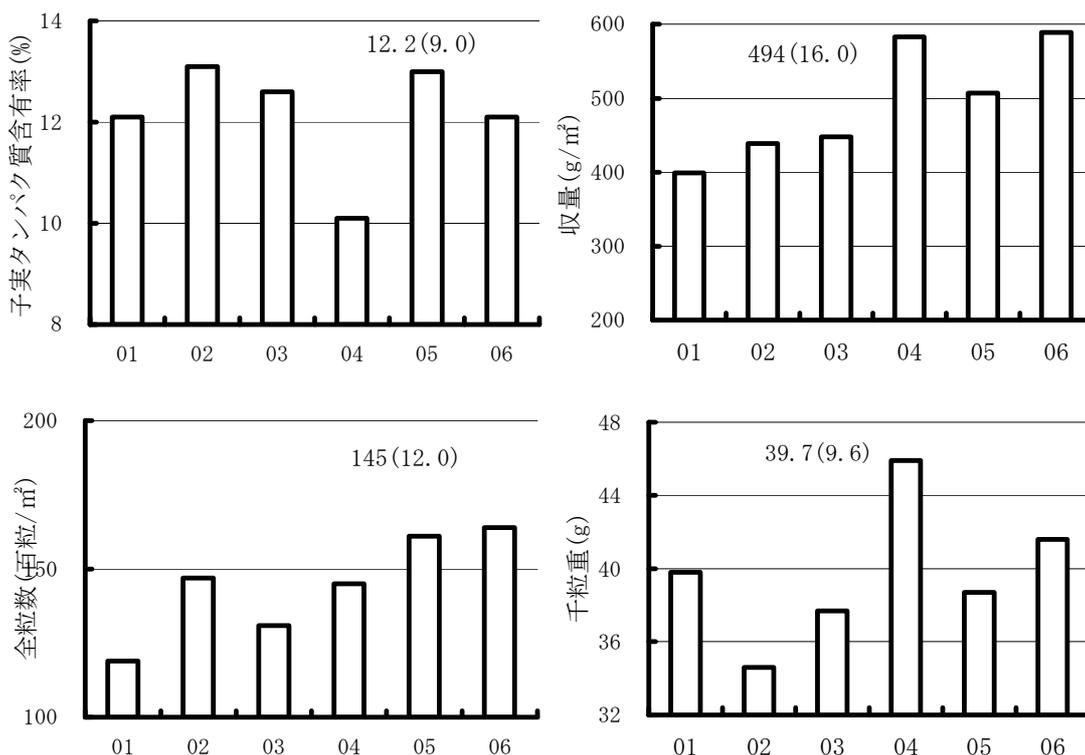
前期：播種期～出穂期，後期：出穂期～成熟期。

2. 「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率，収量および収量構成要素の推移

2001年～2006年における「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率，収量お

よび収量構成要素等の推移を第V-5図に示した。

子実タンパク質含有率は6年間の平均で12.2%で、2002年が13.1%と高く、2004年が10.1%と著しく低く、2004年以外はランク区分の範囲内の12.1~13.1%であった。収量は6年間の平均で494 g m⁻²であったが、2004年、2006年がそれぞれ583 g m⁻²、589 g m⁻²と多く、2001年が399 g m⁻²と少なかった。千粒重は6年間の平均で39.7 gであったが、2004年が45.8 gと著しく重く、2002年が34.6 gと軽かった。全粒数は6年間の平均で1.45万粒m⁻²で、2005年が1.61万粒m⁻²、2006年が1.64万粒m⁻²と多く、2001年が1.19万粒m⁻²と少なかった。



第V-5図 収量，収量構成要素および子実タンパク質含有率の推移。

数値は2001~2006年の平均値（変動係数）．
開花期の窒素追肥量4g m⁻²施用した区のデータ。

3.「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率と気象，収量，収量構成要素および開花期の窒素追肥量との関係

「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率と生育ステージ別気象との関係を第V-2表，収量および収量構成要素との関係を第V-3表に示した．子実タンパク質含有率は前期では平均気温，降水量，日照時間のいずれとも有意な相関関係は認められなかった．後期では，日照時間との間に負の有意な相関関係が認められたが，平均気温と降水量との間には有意な相関関係は認められなかった．また，子実タンパク質含有率は千粒重および収量との間に有意な負の相関関係が認められた．さらに，後期の日照時間とコムギの千粒重および収量との関係を第V-4表，コムギの子実タンパク質含有率と千粒重，収量および日照時間との偏相関係数を第V-5表に示した．後期の日照時間は千粒重および収量との間に有意な正の相関関係が認められ，子実タンパク質含有率と千粒重，収量および日照時間との間で偏相関をみると，千粒重のみ有意な相関関係が認められた．

また， m^2 当たり開花期の窒素追肥量と子実タンパク質含有率との関係を第V-6図に示した．窒素追肥量と子実タンパク質含有率との間に有意な正の相関関係が認められた．さらに，子実タンパク質含有率と有意な相関関係が認められた登熟期間の日照時間と開花期の窒素追肥量を説明変数とし，子実タンパク質含有率を目的変数とした強制投入法による重回帰分析を行った結果，以下のような決定係数 $R^2=0.563^{**}$ ($n=18$ ， ** は1%水準で有意) の重回帰式が得られた．

$$y=12.40+0.433x_1-0.00726x_2$$

y は子実タンパク質含有率， x_1 は開花期の窒素追肥量， x_2 は登熟期間の日照時間．

この式から， $1 m^2$ 当たりの開花期の窒素追肥量が $1 g$ ，日照時間が 100 時間多くなると，それぞれ子実タンパク質含有率は 0.43% 増加， 0.73% 減少すると推定された．

第V-2表 ミナミノカオリの子実タンパク質含有率と気象との関係.

前期			後期		
平均気温	降水量	日照時間	平均気温	降水量	日照時間
-0.14ns	0.05ns	0.09ns	0.27ns	0.46ns	-0.56+

数字は単相関係数. 前期: 播種期~出穂期, 後期: 出穂期~成熟期. +は10%水準で有意であり, nsは有意でない(n=12).

第V-3表 ミナミノカオリの子実タンパク質含有率と収量および収量構成要素との関係.

項目	全粒数	千粒重	収量
タンパク	0.07ns	-0.89**	-0.53+
全粒数	-	0.14ns	0.68*
千粒重	-	-	0.69*

数字は単相関係数. タンパクは子実タンパク質含有率. **, *, +はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であり, nsは有意でない(n=12).

第V-4表 後期の日照時間とミナミノカオリの千粒重および収量との関係.

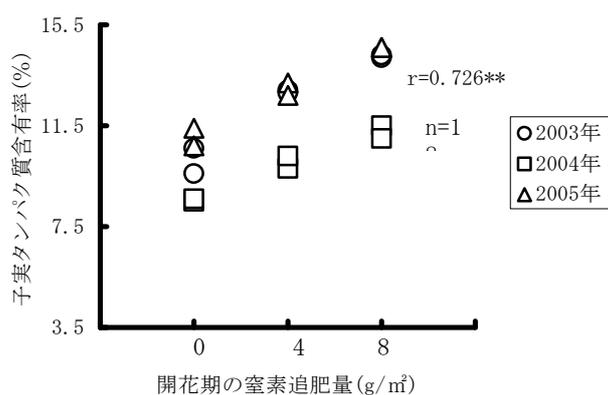
千粒重	収量
0.60*	0.80**

数字は単相関係数. **, *はそれぞれ1, 5%水準で有意であり (n=12).

第V-5表 ミナミノカオリの子実タンパク質含有率と千粒重, 収量および日照時間との偏相関係数.

千粒重	収量	日照時間
-0.86**	0.41ns	-0.33ns

**は1%水準で有意差あり, nsは有意差なし(n=12).



第V-6図 開花期の窒素追肥量と子実タンパク質含有率. **は1%水準で有意ある.

考察

現在、国内産コムギ品種の品質向上が求められる中で、国内産パン用コムギ品種のタンパク質含有率を安定して高く維持していくことが重要な課題の一つとなっている。タンパク質含有率は年次による変動が大きいことから（平野・江口 1969）、パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」において、気象との関係を見ると、子実タンパク質含有率と登熟期間の日照時間との間に有意な負の相関がみられた。この結果は、日本めん用コムギ品種「チクゴイズミ」で認められた登熟期間の多日照により子実タンパク質含有率が低下したという前章と一致する。次にコムギの子実タンパク質含有率と収量および収量構成要素との関係を見ると、子実タンパク質含有率は千粒重および収量との間に有意な負の相関関係、登熟期間の日照時間と千粒重、収量との間に有意な正の相関関係が認められ、日本めん用コムギ品種の前章と同様の結果となった。さらに子実タンパク質含有率と千粒重、収量、日照時間との間で偏相関をみると、千粒重のみ有意な相関関係が認められた。以上のことから、パン用コムギ「ミナミノカオリ」では子実タンパク質含有率は千粒重の影響を強く受けるものの、子実タンパク質含有率の主たる変動要因は日照時間の多少による千粒重の変化に支配されていることが明らかとなった。

さらに、子実タンパク質含有率と有意な相関関係が認められた登熟期間の日照時間と開花期の窒素追肥量を説明変数とし、子実タンパク質含有率を目的変数とした重回帰分析を行った結果、重回帰式から 1 m^2 当たりの開花期の窒素追肥量が 1 g 、日照時間が 100 時間多くなると、それぞれ子実タンパク質含有率は 0.43% 増加、 0.73% 減少すると推定された。

飯田ら（1991）や高山ら（2004）は出穂期以降の窒素追肥を 2 g m^{-2} 増やすごとに子実のタンパク質含有率は約 1% 高くなったことを明らかにしており、今回の結果を支持するものであった。

以上のことから、栽培の面からは、登熟期間が多日照であることが予想される場合、出穂期以降の窒素追肥を増量させる必要があることがわかる。また、品種育成の面からは出穂期以降の窒素追肥を施用しなくても子実タンパク質含有率が高いパン用コムギ品種の育成が望まれる。

第6章 総合考察

現在、国内で作付けされているコムギ品種の用途は大部分が日本めん用であるものの、国内コムギ生産量が日本めん用の需用を上回っていることから、供給と需用との間にミスマッチが生じている。このため、国産コムギのさらなる振興を図るためには、パンや中華麺などへの新たな用途の拡大が求められている。さらに、安全・安心な農作物の提供が強く求められている。

これらの背景の中で、パン用コムギの国内生産への要望が高まっており、消費者や実需者からも国内産パン用コムギの増産が強く望まれている。しかし、国内産パン用コムギは製パン適性が外国産コムギと比べて必ずしも十分でなく、国内産パン用コムギの製パン適性向上が求められている。その中で、特に暖地・温暖地では施肥法、播種時期および収穫時期等の栽培環境条件が品質、特に製パン適性に及ぼす影響についてはほとんど解明されていなかった。

以上のような背景と観点から、本研究は暖地・温暖地において、品質の優れるコムギの生産技術を確立するために、品質、特に製パン適性に及ぼす栽培環境の要因を解析し、製パン適性を向上させるための栽培環境条件を明らかにして、それらを根拠とする合理的栽培技術を検討した。

まず、タンパク質含有率を向上させ、製パン適性向上を図るために、開花期の窒素追肥が生地物性や製パン適性に及ぼす影響について検討した。開花期の窒素追肥によりタンパク質含有率が向上し、生地物性が強まった。しかし、開花期の窒素追肥がパン比容積に及ぼす影響には品種間差がみられ、「ニシノカオリ」は「ミナミノカオリ」に比較して、パン比容積に及ぼす開花期の窒素追肥の効果は小さかった。「ニシノカオリ」は「ミナミノカオリ」と比較して、グルテンの量には差異がなかったが、グルテンの質が低く、生地物性が弱かった。したがって、「ニ

シノカオリ」でパン比容積に対する開花期の窒素追肥の効果が小さかった一つの要因は、グルテンの質が「ミナミノカオリ」より低く、生地物性が弱かったためであると推察された。重回帰分析を行った結果、パンの官能評価の総点へはバロリメーターバリューと粉タンパク質含有率の寄与が大きかったことから、それらの値を用いて、製パン適性の良否判定をパン官能評価の代わりに使用できる可能性を示した。粉のタンパク質含有率、生地物性およびパン比容積において、開花期の窒素追肥量間および品種間の分散成分の値を比較すると、粉のタンパク質含有率では窒素追肥量間の分散成分が大きく、生地物性およびパン比容積においては品種間の分散成分の方が大きかった。このことから、タンパク質含有率は栽培・環境条件により影響を強く受けるものの、生地物性およびパン比容積においては品種固有の特性に強く支配されていることが示唆された。

以上のことから、開花期の窒素追肥により、タンパク質含有率を向上させ、国内産パン用コムギ品種の製パン適性の向上を図ることができた。しかし、開花期の窒素追肥の製パン適性に及ぼす効果は品種により異なり、品種特性に強く支配されていることが明らかになったことから、今後、開花期の窒素追肥の効果が十分に発揮されるような製パン適性が良好なコムギ品種の選定および育成が重要となる。

さらに、出穂期以降、コムギの稈が伸長しており、穂が出ていることから窒素追肥作業は行いにくい。開花期頃はさらに降雨になることが多い。これらのことから、追肥作業の労力低減ならびに出穂期前後の窒素追肥に対する施用適期幅の拡大が求められている。また、暖地・温暖地においては、出穂期後に最重要病害の一つである赤かび病防除のための薬剤散布を行うことが必須となっている。窒素追肥として乗用管理機等で尿素を赤かび病防除剤と同時に葉面散布すれば労力低減につながる。そこで、追肥労力低減のために、パン用コムギ品種の出穂期前

後の窒素追肥時期や尿素の葉面散布が生地物性に及ぼす影響を検討した。その結果、出穂前7日（止葉展開期）や出穂後約25日に窒素を施用する区に比べて、開花期の出穂後約10日に窒素を施用する区の方が、グルテンの量が多く、生地物性が優れる傾向がみられた。さらに、尿素を開花期に1回葉面散布する区に比べて、開花期とその7~10日後に2回に分けて葉面散布する区の方がグルテンの質が高い傾向で、生地物性が強まった。以上のことから、追肥労力の低減技術を前提とした製パン適性との相関が高い生地物性向上のための窒素追肥技術を確立することができた。今回の成果では尿素の施用濃度が4.3%と高い。安間（1954）らは尿素の施用濃度が2%以上の葉面散布では、葉焼けが発生することを明らかにしている。今後は、葉焼けの発生を低減する技術の確立が課題である。

製パン適性を向上させるためには、開花期の窒素追肥が有効であることが明らかとなった。しかし、出穂後の窒素追肥は成熟期を遅らせてしまうので、暖地・温暖地では、梅雨時期が収穫期と重なり、降雨により品質が低下してしまう恐れがある。収穫期は、早播栽培することで早めることができることから、早播栽培が雨害を回避する一つの方法になると考えられる。今後、暖地・温暖地では、パン用コムギ品種についても出穂後の追肥による品質向上とともに、早播栽培により収穫期の雨害回避を図らなければならないが、広く普及させるためには生産物の製パン適性が重要になる。そこで、本研究では、パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の早播栽培が生地物性および製パン適性に及ぼす影響を調査した。早播（11月上旬）は標準播（11月中旬～下旬）と比べて、タンパク質含有率に差はみられなかったが、グルテンの質が低く、生地物性は弱く、パン比容積が小さかった。また、早播では、タンパク質組成のグルテニン含有率と酢酸不溶性グルテニン含有率が低かった。以上の結果から、早播ではグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率が低く、グルテンの質が低く、生地物性が弱く、製パン

適性が劣ることが明らかになった。このため、早播を前提とした製パン適性の優れるコムギを生産するためには、早播でグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率が低くなる要因を詳細に解析し、早播でもグルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率が高くなる栽培法を確立すること、および早播でも製パン適性が良好な品種の選定および育成が必要である。

暖地・温暖地では、収穫前の降雨による穂発芽などの品質低下が大きな問題になることがしばしばある。このため、パン用コムギの収穫時期と生地物性および製パン適性を検討して、収穫適期を明らかにすることは、製パン適性の高いコムギを生産する上で、極めて大切である。そこで、収穫時期と生地物性や製パン適性の関係を検討して、生地物性および製パン適性が優れる収穫適期を検討した。

成熟期前2日～成熟期後1日に収穫した早刈りは、グルテンの質が低く、生地物性が弱かった。成熟期後8～12日に収穫した遅刈りは、容積重が軽く、デンプン粘度を評価するフォーリングナンバー値が遅刈りの収穫前に100mmを超える多量の降雨が認められた年で低かった。以上のことから、パン用コムギ品種「ミノカオリ」では、収穫時期は子実水分含量が20%以下に低下する成熟期後3～7日の標準刈りが、アミログラム特性、グルテンの質が高く、生地物性が強くなることが期待されることから最適であると考えられた。

この、アミログラム特性、グルテンの質および生地物性からみた収穫適期は、製パン適性の高い高品質安定生産のための基本技術として生産現場で利用され、パン用コムギの品質向上に寄与すると考えられる。

さらに、国内産コムギ品種は製パン適性との相関が高いタンパク質含有率が低く、変動が大きいことが指摘されている。このため、実需者からはタンパク質含有率の高位安定化が求められている。そこで、子実タンパク質含有率と気象条件および収量構成要素との関係を明らかにして、子実タンパク質含有率の変動要因

を検討した。まず、日本めん用コムギ「チクゴイズミ」を供試し、1993～2008年の作況試験データを解析すると、子実タンパク質含有率は収量、千粒重および登熟期間の日照時間との間にそれぞれ負の相関関係が認められ、登熟期間の降水量と正の相関が認められた。登熟期間の日照時間と千粒重、収量との間には正の相関関係、登熟期間の降水量と千粒重との間には負の相関関係が認められた。以上のことから、子実タンパク質含有率の低下要因は登熟期間の少降水および多日照によって、千粒重が重く、収量が多くなることによるものであると考えられた。さらに、6年間同一栽培法で試験を行ったパン用コムギ「ミナミノカオリ」を供試して、子実タンパク質含有率の変動要因を解析した。子実タンパク質含有率は収量、千粒重および登熟期間の日照時間との間にそれぞれ負の相関関係が認められ、千粒重、収量と登熟期間の日照時間との間には正の相関関係が認められた。子実タンパク質含有率と千粒重、収量、日照時間および降水量との間で偏相関をみると、千粒重のみ有意な相関関係が認められた。このことから、子実タンパク質含有率は千粒重の影響を強く受けるものの、子実タンパク質含有率の主たる変動要因は登熟期の日照時間の多少による千粒重の変化に支配されていることが明らかとなった。以上のことから、栽培の面からは、登熟期間が多日照や少降水であることが予想される場合、開花期の窒素追肥を増量させる必要があることがわかる。また、品種育成の面からは出穂期以降の窒素肥量を施用しなくても子実タンパク質含有率が高いパン用コムギ品種の育成が望まれる。

以上、本研究によって暖地・温暖地におけるパン用コムギのタンパク質含有率、生地物性、製パン適性と施肥法、播種時期および収穫時期等の栽培環境条件との関係が明らかになった。次いで、それらの知見を基にした製パン適性の高い高品質コムギ生産技術のため品種の育成、選定、または栽培技術の改善上の理論的根拠が得られ、その結果、より速やかで的確な製パン適性の高い高品質コムギ生産

の各種方策をとることが可能になったと考えられる。

第VI-1表 栽培法と製パン適性に関わる品質との関係.

栽培法	タンパク質		グルテンの		生地物性	パン比 容積
	含有率	量	量	質		
窒素追肥	開花期(出穂期後10日)	○	○	○	○	○
	止葉展開期	△	△	○	×	—
	出穂期後25日	△	△	○	△	—
葉面散布	尿素8.6%1回	○	○	△	×	—
	尿素4.3%2回	○	○	○	○	—
播種期	標準播	○	○	○	○	○
	早播	○	○	×	×	×
収穫時期	早刈り	○	○	×	×	—
	標準刈り	○	○	○	○	—
	遅刈り	○	○	○	△	—

○は良、△はやや不良、×は不良.

摘要

近年、消費者や製パン業者から国内産コムギを用いたパンを求める声が高まっており、その需要に応えるため、国内産のパン用コムギ品種が育成されている。しかし、その製パン適性は外国産に比べて劣るとされており、国内産パン用コムギの製パン適性向上が求められている。

本論文は、品質、特に製パン適性の高いパン用コムギ生産技術を確立するための基礎的知見を得る目的で、タンパク質含有率、生地物性、製パン適性と施肥法、播種時期および収穫時期等の栽培環境条件との関係を中心に検討したものである。以下、その成果の概要を述べる。

1)開花期の窒素追肥の施用により、タンパク質含有率が高くなり、生地物性が強まった。しかし、開花期の窒素追肥の施用がパン比容積に及ぼす影響には品種間差がみられ、「ニシノカオリ」は「ミナミノカオリ」に比較して、パン比容積に及ぼす開花期の窒素追肥の効果は小さかった。

2)「ニシノカオリ」は「ミナミノカオリ」と比較して、グルテンの量には差異がなかったが、グルテンの質が低く、生地物性が弱かった。したがって、「ニシノカオリ」でパン比容積に対する開花期の窒素追肥の効果小さかった一つの要因は、グルテンの量ではなく、質が「ミナミノカオリ」より低く、生地物性が弱かったためであると考えられた。

3) パン総点は開花期の窒素追肥が多いほど優れる傾向がみられ、重回帰分析を行った結果、パン総点へはバロリメーターバリューと粉タンパク質含有率の寄与が大きかった。

4)開花期の窒素追肥量間および品種間の分散成分の値を比較すると、粉のタンパク質含有率では窒素追肥量間の分散成分が大きく、生地物性およびパン比容積に

においては品種間の分散成分の方が大きかった。

5) 止葉期区は開花期の出穂後 10 日区と比較すると、湿グルテンが低い傾向がみられ、バロリメーターバリューが小さく、生地物性が劣った。出穂後 25 日区は出穂後 10 日区と比較して、子実タンパク質含有率や湿グルテンが低く、バロリメーターバリューが小さい傾向で、生地物性が弱い傾向がみられた。

6) 尿素を開花期に 1 回葉面散布する区に比べて、開花期とその 7~10 日後に 2 回に分けて葉面散布する区の方がグルテンの質が高い傾向で、生地物性が強まった。

7) 早播 (11 月上旬) は標準播 (11 月中旬~下旬) と比べて、タンパク質含有率に差はみられなかったが、グルテンの質は低く、生地物性は弱く、パン比容積が小さかった。

8) 早播では、タンパク質組成のグルテニン含有率と酢酸不溶性グルテニン含有率が低かった。したがって、早播で生地物性および製パン適性が劣った要因は、グルテニン含有率および酢酸不溶性グルテニン含有率が低く、グルテンの質が低かったためであると考えられた。

9) パン用コムギ「ミナミノカオリ」では、子実水分含量が 20% 以下に低下する成熟期後 3~7 日の標準刈りが、アミログラフ特性、グルテンの質が高く、生地物性が優れることが期待されることから最適であると考えられた。

10) 近年の北部九州におけるコムギの子実タンパク質含有率の低下要因を明らかにするために、1993~2008 年において同一条件で栽培された日本めん用コムギ品種「チクゴイズミ」を供試して、コムギの子実タンパク質含有率と気象および収量、収量構成要素との関係について検討した。子実タンパク質含有率と千粒重および収量との間に負の相関が認められ、子実タンパク質含有率は千粒重が重く、収量が多くなるほど低くなる傾向にあった。さらに、千粒重は登熟期間の降水量との間に負の、千粒重や収量は日照時間との間に正の相関関係が認められ、登熟

期間の少降水および多日照の条件下で千粒重が重く、多日照で収量が多くなる傾向にあった。

11) パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」において、子実タンパク質含有率の変動要因を明らかにするために、子実タンパク質含有率と気象および収量、収量構成要素との関係について検討した。子実タンパク質含有率は収量、千粒重および登熟期間の日照時間との間にそれぞれ負の相関関係が認められ、千粒重、収量と登熟期間の日照時間との間には正の相関関係が認められた。子実タンパク質含有率と千粒重、収量および日照時間との間で偏相関をみると、千粒重のみ有意な相関関係が認められた。以上のことから、子実タンパク質含有率は千粒重の影響を強く受けるものの、子実タンパク質含有率の主たる変動要因は日照時間の多少による千粒重の変化に支配されていることが明らかとなった。

12) 以上の結果から、パン用コムギのタンパク質含有率、生地物性、製パン適性と施肥法、播種時期および収穫時期等の栽培環境条件との関係が明らかになった。これらの結果は、暖地・温暖地において、製パン適性の高い高品質コムギ生産技術のため品種の育成、選定や栽培技術の確立などに大いに寄与し、製パン適性の高い高品質コムギ生産技術のための理論的基礎になると考えられる。

謝辞

本論文のとりまとめから作成にあたって、懇篤なる指導と激励を賜りました九州大学大学院農学研究院松江勇次特任教授には心から感謝を申し上げます。

本論文の作成に当たり、懇切な指導と御校閲を賜った京都大学大学院農学研究科白岩立彦教授には厚く御礼を申し上げます。

本研究の着手から途上において種々有益な激励を賜った福岡県農業総合試験場長濱地勇次博士，飯塚普及指導センター長尾形武文博士，福岡県農林水産部田中浩平博士，福岡県農業総合試験場豊前分場長堤隆文博士には心から感謝を申し上げます。

本研究の遂行にあたり、製パン，製粉機や分析機器の使用のご指導ご助言を頂いた農研機構・作物研究所小麦研究グループ長藤田雅也博士，農研機構・九州沖縄農業研究センター筑後・久留米研究拠点小麦・大麦研究グループ松中仁氏に深謝いたします。

また、研究を実施するにあたって労苦を共にし、協力を惜しまれなかった福岡県農業総合試験場豊前分場野菜水田作チーム職員一同，福岡県農業総合試験場農産部大豆・品質チーム長内川修博士，水稻育種チーム宮崎真行氏および福岡県農業総合試験場大豆・品質チーム職員一同に対し、心から謝意を表します。

最後に、いつも支えて頂いた家族に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 安間正虎・小田桂三郎・岐部利幸 1954. 小麦と大麦に対する尿素葉面散布の効果. 関東東山農試研報 5:10-19.
- Branlard, G., M. Dardevet, R. Saccomano, F. Lagoutte and J. Gourdon 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. *Euphytica* 119:59-67.
- 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 要素施用量および窒素の施用時期・施用法と品質との関係 - . 中国農業試験場報告 A17:81-111.
- Finney, K.F., J. W. Meyer, F. W. Smith and H. C. Fryer 1957. Effect of foliar Spraying of Pawnee wheat with urea solution on yield, protein content, and protein quality. *Agron. J.* 49.341-347.
- 藤井潔・辻孝子・吉田朋史 2004. 成熟後の降雨がコムギ子実容積重に及ぼす影響. 育種学研究 6 (別2):291.
- 福田明彦・八木谷順子・北脇永典・井上吉之・伊藤達郎・平野茂博・森嶋伊三夫 1974. 小麦. 粉成分の製パン性に及ぼす影響. 日食工誌 21:377-383.
- 福鳶陽・楠田幸・古畑昌己 2003. 暖地における早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の収量成立要因の解析. 日作紀 72:149-157.
- 藤田雅也・河田尚之・関昌子・八田浩一・波多野哲也・田谷省三・佐々木昭博・氏原和人・谷口義則・平将人・塔野岡卓司・堤忠宏・坂智広 2009. 製パン適性の良い硬質小麦新品種「ミナミノカオリ」の育成. 九沖農研セ報 51:41-64.
- 五島義昭 1986. 内産小麦の製パン適性について. 日食工誌 33:102-107.
- 平野寿助・吉田博哉・江口久夫 1969. 暖地における小麦の良質化栽培に関する

- 研究 (第 3 報) - 収穫時期・乾燥剤散布および乾燥方法と品質との関係 - . 中国農試報 A17:113-126.
- 平野寿助・江口久夫 1969. 暖地における小麦の良質化栽培に関する研究 (第 4 報) - 品質の地域変動について - . 中国農業試験場報告 A17:127-153.
- 平野寿助 1971. 小麦登熟期の遭雨による品質低下とその操作に関する研究. 中国農試報 A20:27-75.
- 星野次汪・谷口義則・伊藤誠治 1992. 東北地方におけるコムギの品質に関する研究 第 1 報 収穫時期が品質に及ぼす影響. 日作紀 61:375-379.
- 星野次汪・田野崎眞吾・谷口義則・後藤虎男・藤原秀雄・故北原操一・上田邦彦 1990. 小麦新品種「コユキコムギ」の育成. 東北農試報 81:1-17.
- Ichinose, Y., K. Takata, T. Kuwabara, N. Iriki, T. Abiko and H. Yamauchi 2001. Effects of increase in α -amylase and endo-protease activities during germination on the breadmaking quality of wheat. Food Sci. Tech. 7:214-219.
- 飯田幸彦・三田村剛・石原正敏 1991. コムギの粉色に及ぼす土壌・施肥条件の影響 第 1 報 子実のタンパク質含量と粉色との関係について. 日作紀 60 (別 1):38-39.
- 池口正二郎・長谷川明彦・山口末次 1997. パンコムギのミキシング特性およびグルテン特性に及ぼす種子貯蔵蛋白質組成の影響. 育雑 49(別 2):214.
- 池田達哉 2005. 生地物性を支配する低分子量グルテニン・サブユニット. 冬作物研究 第 5 号:9-16.
- 池田利良 1961. 日本における硬質小麦の研究. 東海近畿農試特報 栽培第12:1-55.
- 岩井正志・澤田富雄・須藤健一. 1995. 出穂期以降の追肥が小麦のタンパク質含量に及ぼす影響. 日作紀 64 (別 2):187-188.

- 神山芳典・作山一夫・古沢典夫・星野次汪・谷口義則 1990. 小麦新品種「コムギ」の特性 第7報 品質の地域変動. 東北農研 43:109-110.
- 琴寄融 2001. 関東東山地域の肥効と施肥. 転作全書 第1巻ムギ, 農文協, 東京. 327-330.
- 三宅瑞穂・末次勲 1950. 暖地栽培小麦品種の品質並びに製麺試験成績. 農試彙報 4:77-90.
- 中村和弘・細野哲・上原泰 2006. パン用硬質小麦新品種「ユメアサヒ」の育成. 北陸作物学会報 41:98-70.
- 中津智史・佐藤康司・佐藤仁・神野裕信 2007. 秋まきコムギ品種キタノカオリにおける低アミロコムギの発生要因. 日作紀 76:79-85.
- 日本イースト工業会 1996. パン用酵母試験法. 日本イースト工業会, 東京. 14-16.
- 農林水産技術会議事務局 1968. 小麦品質検定方法 -小麦育種試験における-. 研究成果シリーズ第35集:1-70.
- 荻原謙吾 2007. 秋播性コムギの冬期播種栽培がコムギの加工品質に及ぼす影響. 日作紀. 76:226-231.
- 奥村理 2004. 北海道産春まきコムギの品質と製パン適性に及ぼす窒素施肥量と収穫時期の影響. 土肥誌 75:307-311.
- 乙部(桐渕)千雅子・関昌子・松中仁・吉岡藤治・藤田雅也・柳澤貴司・吉田久 2009. 製パン適性をもつ温暖地向け硬質小麦新品種「ユメシホウ」の育成. 作物研報 10:75-88.
- Orth, R.A. and W. Bushuk 1972. A comparative study of the proteins of wheats of diverse baking qualities. Cereal Chem. 49:268-275.
- 尾関幸男・佐々木宏・天野洋一・土屋俊雄・前野真司・上野賢司 1988. 春播小麦新品種「ハルユタカ」の育成について. 北海道立農試集報 58:41-54.

- 佐々木宏・長内俊一 1969. 硬質春播小麦のパン適性と収量の選抜実験 第 I 報
選抜形質とパン適性. 北海道立農試集報 19:21-35.
- 佐藤暁子・小柳敦史・末永一博・渡辺修・川口敷美・江口久夫 1987. コムギ品
質に及ぼす土壌, 施肥の影響. 日作関東支部会報 2:47-48.
- 佐藤暁子・中村信吾・渡辺満・小綿美環子・吉川亮 1998. 小麦有望系統「東北
205 号」の製パン適性の地域変動. 東北農研 51:93-94.
- 佐藤暁子・小綿美環子・中村信吾・渡辺満 1999a. 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.
- 佐藤暁子・小綿美環子・中村信吾・渡辺満 1999b. コムギ系統東北 205 号の製パ
ン適性に及ぼす収穫時期の影響. 日作紀 68:306-309.
- 佐藤大和・内村要介・松江勇次 2003. コムギにおける播種時期の違いが製粉特
性に及ぼす影響. 日作紀 72:43-49.
- 佐藤大和 2004. コムギに早播栽培における製粉特性の改善に関する研究. 福岡
県農総試特報 21:1-80.
- 佐藤三佳子・五十嵐俊成・櫻井道彦・鈴木和織・柳原哲司・奥村正敏 2009. 北
海道北部地域における春播コムギ「春よ恋」に対する開花期以降の尿素葉面散布
が子実タンパク質含有率と収量に及ぼす効果およびその変動要因. 日作紀
78:9-16.
- 佐藤導謙・土屋俊雄 2002. 北海道中央部における春播コムギの初冬播栽培に関
する研究 - 窒素施用法が収量および子実粗タンパク質含有率に及ぼす影響 -.
日作紀 71:455-462.
- 佐藤導謙・土屋俊雄 2004. 北海道中央部における春播コムギの初冬播栽培に関
する研究 - 窒素施用法が製パン品質に及ぼす影響 -. 日作紀 73:282-286.
- 柴田茂久 1988. 最近の国内産小麦の品質 - うどん適性に関連して -. 日食工誌
35:210-218.

- 島崎由美・谷中美貴子・関昌子・渡邊好昭・小田俊介・高田兼則・松山宏美・大下泰生・大川泰一郎・平沢正 2011. 水田と畑に生育したコムギ品種ユメシホウの小麦粉の品質と製パン性の相違. 日作紀 80 (別 1):242-243.
- スネデカー, G.R.・W.G. コ克蘭 1974. 統計的方法 原書第 6 版. 畑村又好・奥野忠一・津村善郎訳. 岩波書店, 東京. 267-275.
- Tabiki, T., S. Ikeguchi and T.M. Ikeda 2006. Effects of high-molecular-weight and low-molecular-weight glutenin subunit alleles on common wheat flour quality. Breed.Sci. 56:131-136.
- Takata, K., H. Yamauchi, N. Iriki and T. Kuwabara 1999. Prediction of bread-making quality by prolonged swelling SDS-sedimentation test. Breed.Sci. 49:221-223.
- Takata, K., H. Yamauchi, N. Iriki, Z. Nishio and T. Kuwabara 2000. Effect of high molecular weight glutenin Subunits on bread-making quality using Near-Isogeibic Lines. Breed.Sci. 50:303-308.
- Takata, K., H. Yamauchi, Z. Nishio, W. Funatsuki and T. Kuwabara 2002. Effect of high-molecular-weight glutenin subunits with different protein contents on bread-making quality. Food Sci. Technol. Res. 8:178-182.
- 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.
- 竹内実・近乗偉夫・吉良知彦 2006. 醤油醸造用硬質コムギの高タンパク化へ向けた施肥法について. 日作九支報 74:36-38.
- 田中浩平・福島裕助・陣内暢明・大賀康之 2001. 小麦品種「チクゴイズミ」の容積重およびタンパク質含有率の変動要因と向上対策. 日作九支報 67:20-22.
- 田中康夫・佐藤妙子・佐藤友太郎 1964a. 国内産小麦の製パン適性に関する研究

- 第 1 報 無糖生地発酵特性について. 日食工誌 11:43-47.
- 田中康夫・佐藤友太郎 1964b. 国内産小麦の製パン適性に関する研究 第 2 報 無糖生地における後半発酵について. 日食工誌 11:48-56.
- 田中康夫・平春枝・豊島英親・内藤博文 1983. 国内産小麦の製パン適性に関する研究 第 3 報 水田作および畑作小麦の製パン適性評価. 食総研報 43:101-108.
- 田中康夫・松本博 1991. 製パンの科学 I 製パンプロセスの科学. 光琳, 東京. 11-26.
- 谷口義則 1990. コンバインによる早刈りが小麦品質に及ぼす影響. 東北農業研究 43:111-112.
- 田谷省三・荒木均・野中舜二 1981. コムギ「農林 61 号」の収量および諸形質に及ぼす気象条件の影響. 日作九支報 48:15-18.
- 田谷省三・塔野岡卓司・関昌子・平将人・堤忠宏・野中舜二・氏原和人・佐々木昭博・山口勲夫・新本英二・吉川亮・藤田雅也・谷口義則・坂智広 2003. 小麦新品種「ニシノカオリ」の育成. 九州沖縄農業研究センター報告 42:19-30.
- Tipplés, K.H., S. Dubets and G.N. Irvine 1977. Effects of high rates of nitrogen on Neepawa wheat grown under irrigation. II. Milling and baking quality. Can. J. Plant Sci. 57:337-350.
- Triboi, E., M. Pierre and A.-M. Triboi-Blondel 2003. Environmentally-induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. J. Exp. Bot. 54:1731-1742.
- 辻博之・中野寛・山縣雅人 2001. 窒素追肥時期が北海道地域における小麦新品種に及ぼす影響. 日作紀(別 2):35-36.
- 浦野光一郎・長嶺敬 2001. 出穂後窒素追肥によるパン用小麦の製パン適性の向

- 上. 日本作物学会中国支部研究集録 42:30-31.
- 浦野光一郎・長嶺敬 2002. 出穂後窒素追肥技術を利用したパン用小麦有望系統の栽培・加工適性. 日本作物学会中国支部研究集録 43:24-25.
- 牛山智彦・倉島稔・細野哲・久保田基成 1997. 小麦粉アミログラフ値の簡易迅速法の検討. 北陸作物学会報 32:105-106.
- 山下幸恵・西岡廣泰・横尾浩明 2005. パン用コムギ品種「ニシノカオリ」の子実タンパク質含有率に及ぼす穂揃期追肥の効果. 日作九州支部報 71:20-22.
- 吉田美夫・北原操一・鶴政夫 1969. 小麦のは種適期と作季の移動について. 九農研 31:51-52.
- 吉川亮・中村和弘・伊藤美環子・伊藤裕之・星野次汪・伊藤誠治・八田浩一・田野崎眞吾・谷口義則・佐藤暁子・中村洋・藤原秀雄・上田邦彦・故北原操一・中島秀治・故後藤虎男 2009. 製パン適性が高く, 早生で耐寒雪性が強い小麦新品種「ゆきちから」の育成. 東北農研報 110:17-44.
- 和田道宏 2000. 栽培技術による小麦タンパク質の制御. 米麦改良 2000年8月号: 24-35.

Summary

A Study on Crop Management for High-quality Seed Production of Bread Wheat Varieties Recently Bred in Japan.

Tetsuya Iwabuchi

Recently, increasing the demand for bread made from the domestic wheat by the consumer or bakery businesses, therefore, to meet the demand, the domestic bread wheat cultivar was developed. But the bread-making quality of the domestic bread wheat cultivar was inferior to that the imported, the improvement in bread-making quality of the domestic bread wheat cultivar was required.

In this study, effects of method of nitrogen fertilizer application, sowing time, harvest time and other cultivating environments on protein content, dough characteristics and bread-making quality were examined. The results are summarized as follows.

- 1) The protein content of grain increased and dough characteristics became harder when the topdressed nitrogen was applied, but varietal difference was recognized for the effect of topdressed nitrogen at anthesis to volume-to-weight ratio of loaf, “Nishinokaori” had lower the effect of topdressed nitrogen to volume-to-weight ratio of loaf than “Minaminokaori”.
- 2) The quantity of gluten did not vary with the cultivar, but “Nishinokaori” had a lower quality of gluten and had dough characteristics than “Minaminokaori”. One of the reasons why “Nishinokaori” had lower the effect of topdressed nitrogen at anthesis to volume-to-weight ratio of loaf than “Minaminokaori” was that the quality of gluten of “Nishinokaori” and dough characteristics was lower than “Minaminokaori”.
- 3) Bread score tended to be superior when the amount of applied nitrogen was increased, and the multiple regression analysis showed a large contribution of valorimeter value and protein content of the flour to bread score.

4) Comparison of the variance component between the amount of nitrogen topdressing at anthesis and variety indicated that the protein content of flour greatly varied with the amount of topdressing, and that dough characteristics and the volume-to-weight ratio of loaf greatly varied with the cultivar.

5) Topdressing of ammonium sulfate at the flag-leaf emergence stage tended to decrease the wet gluten content and valorimeter value, thus deteriorating the dough characteristics more severely than the topdressing at 10 days after heading. The topdressing at 25 days after heading tended to decrease the grain protein content, wet gluten content and valorimeter value, thereby deteriorating the dough characteristics compared with that at 10 days after heading.

6) The splitting urea into anthesis and 7~10 days after anthesis foliage sprayed plot, the quality of gluten tended to be higher and dough characteristics was higher compared with the once urea foliage sprayed plot.

7) The protein content of flour did not vary with the sowing time, but the quality of gluten was lower and dough characteristics and volume-to-weight ratio of loaf was lower in early sowing (early November) than in standard sowing (middle-late November).

8) Glutenin and acetic acid-insoluble glutenin contents were lower in early sowing than in standard sowing. From these results, it would seem that the one of the reasons why dough characteristics and bread-making quality in early sowing were inferior to those in standard sowing was that glutenin and acetic acid-insoluble glutenin content in early sowing was lower than that in standard sowing, and therefore the quality of gluten in early sowing was lower than in standard sowing.

9) The standard harvest (3-7 days after maturity) with a kernel moisture content under 20% is the optimal to harvest the bread wheat cultivar 'Minaminokaori', because the amylographic properties, gluten quality, and dough characteristics are exceptionally favorable during that period.

10) To ascertain the factors , involved in the low protein content of wheat grain, which is recently a serious issue in northern Kyushu, we investigated the relationship between the protein content of wheat grain and the yield, yield components and climatic conditions using the wheat cultivar ‘Chikugoizumi’ in northern Kyushu cultivated by the same method from 1993 to 2008. The protein content of grain decreased as the 1000-kernel weight and yield increased, indicating that the protein of grain content was negatively correlated with the yield and 1000-kernel weight. The 1000-kernel weight increased with a decrease in precipitation and an increase in duration of sunshine, and the yield increased with an increase in duration of sunshine during the ripening period of wheat. This indicated that the 1000-kernel weight was negatively correlated with precipitation, and that the yield and 1000-kernel weight were positively correlated with the duration of sunshine during the ripening period.

11) Using the bread wheat cultivar ‘Minaminokaori’, we analyzed the factors causing fluctuation in grain protein content. We found that the protein content was negatively correlated with yield and 1000-kernel weight, which were in turn significantly correlated with the duration of sunshine during the ripening period of wheat. There was the significant correlation only 1000-kernel weight, when the partial correlation was observed during grain protein content and 1000-kernel weight, yield and the duration of sunshine. These results suggest that the protein content was strongly affected by 1000-kernel weight and that the main factor for the protein was influenced by a change in 1000-kernel weight, which was dependent on the duration of sunshine.

12) The above results revealed the high correlation of protein content, dough characteristics and bread-making quality with the cultivating environments, for method of fertilizer application, sowing time, harvest time and other cultivating environments. These findings will contribute to the breeding and selection of the wheat cultivars whose bread-making quality is good and to the establishment of effective cultivation techniques in the bread wheat. The results will also provide valuable information on

the development of techniques for the production of high bread-making quality wheat in the warm and temperate regions.

本論文に関する公表済み文献

岩渕哲也・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. (第2章)

岩渕哲也・松江勇次・松中仁 2013. 出穂期前後の窒素追肥時期や尿素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. (第2章)

岩渕哲也・田中浩平・松江勇次・松中仁・山口末次 2008. 早播がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の生地物性および製パン適性に及ぼす影響. 日作紀 77:403-408. (第3章)

岩渕哲也・田中浩平・松江勇次・松中仁 2009. 収穫時期がパン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の製粉性、生地物性および製パン適性に及ぼす影響. 日作紀 78:449-454. (第4章)

岩渕哲也・浜地勇次・宮崎真行・内川修 2010. 近年の北部九州産コムギの子実タンパク質含有率低下の実態とその気象要因. 日作紀 79:59-64. (第5章)

岩渕哲也・松江勇次・松中仁 2011. パン用コムギ品種「ミナミノカオリ」の子実タンパク質含有率の変動要因. 日作紀 80:403-407. (第5章)

近年育成された国内産パン用コムギの高品質生産に関する栽培学的研究

2013年

岩渕哲也