

本論文で用いた英文略語とその説明

略語	英 語 名	日 本 語 名	単 位
SLA	Specific Leaf Area	比葉面積	cm^2/g
LAI	Leaf Area Index	葉面積指数	m^2/m^2
PAI	Photosynthetic Area Index	光合成可能面積指数	m^2/m^2
HI	Harvest Index	収穫指数	%
GGR	Grain Growth Rate	子実の乾物生産速度	$\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$
EGR	Ear Growth Rate	穂の乾物生産速度	$\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$
CGR	Crop Growth Rate	乾物生産速度	$\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$
NAR	Net Assimilation Rate	純同化率	$\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$
LAD	Leaf Area Duration	葉 積	$\Sigma (\text{LA} \times \text{days})$
NHI	Nitrogen Harvest Index	窒素収穫指数	%
NMP	Nitrogen Mineralization Potential	窒素無機化能力	$\text{mg}/100\text{cc} \cdot \text{soil}$
NE	Nitrogen Efficiency	吸収窒素当り子実生産能	$\text{Kg}/\text{Kg} \cdot \text{N}$
EC	Electric Conductivity	電気伝導率	mS/cm
CEC	Cation Exchange Capacity	陽イオン交換容量	$\text{me}/100\text{g} \cdot \text{soil}$

第1章 緒

論

北海道の小麦作付面積は、1975年以来、小麦増産のための多くの施策が実施されるにつれて増加し、1982年には10万 ha を突破し、その大部分が秋播小麦である。この間、品種の改良、施肥量の増大と合理的施肥、狭畦化栽培と病害虫防除などの技術開発およびその定着で、単位は場面積当り収量（以後、単収と呼ぶ）も漸増し、1982年の十勝農作物増収記録会では、現在の基幹品種である「ホロシリコムギ」で7.74 t/ha のこれまでの最高収量が記録され²²²⁾、また、北見農試小麦科でも1938年には同品種で7.99 t/ha の多収を得た¹³³⁾。

しかし、この収量水準でも世界の多収記録である14.5 t/ha には遠く及ばず、また、1978年におけるオランダの平均単収より1 t/ha 程度高いに過ぎない⁶⁹⁾。また、イギリスにおける小麦の平均単収は、1974年ですでに4.9 t/ha に達しており、同年における北海道の平均単収より2.2 t/ha も高く⁶⁸⁾、その差は、年を追ってむしろ拡大する傾向さえ示す^{129, 193)}。これらの格差は、一面では各地域の気象条件の相違に帰因するとも考えられるが、品種や栽培法の差に帰因する所が大きいと考えられる。また、北海道では、小麦の登熟期間は温度と日射量からみると水稻やトウモロコシなどより良好な環境下にあるのに単収は低く、改善の余地のあることが指摘されている²⁰⁴⁾。

このように程度の差はあるが、各国とも小麦の単収は漸増してきた。SILVEY¹⁶⁹⁾は、イギリスの1942～1977年間に於ける80%の単収増のうち、その50%が品種改良に基づく指摘し、同様に AUSTIN⁶⁾も年平均0.69 t/ha の単収増のうち、その50%が品種改良によると考えた。また、アメリカでも McNEAL¹⁰⁸⁾や JENSEN⁸⁸⁾が単収増の約50%は品種改良に基づくと推定しており、近年の集約化された農業でも単収の増加に対する品種改良の貢献度は、極めて大きい。そのため、田中²⁰²⁾が指摘するように、与えられた気象条件下で集約化農業が必要とする品種特性を明らかにすることが要

望されるのである。

品種改良が単収の増加に果たした役割が50%であれば、残りの50%は栽培法の改善に基づくと考えて良い。栽培法の改善には生産資材を必要とすることが多く、それはとくに施肥、防除で著しい。WIT²⁴⁴⁾は1954～1973年における世界の禾穀類の単収を調査し、1.7 t/ha 以下の水準では1年当りの単収増は17 kg/ha にすぎないが、この水準をこすと1年当り78 kg/ha の増収になり、それは肥料をはじめとした生産資材の多投に基づくと推定した。したがって、近年の集約化農業においては、まず生産資材を充分確保する必要があり、とくに高収を目標とした栽培では大量の養分供給が不可欠で、多量の肥料が必要である。

他方、後藤⁶⁸⁾は生産資材の多投に対して単収増が伴わない場合があり、生産資材利用上の問題があることを指摘している。この問題には与えられた品種の特性も関与しており、長稈性品種では肥料、とくに窒素の多量施与で倒伏が発生しやすく、この場合には施与窒素が有効利用されずにむしろ減収する。しかし、近年、北海道では短強稈性品種、例えば「ホロシリコムギ」が育成され、倒伏の危険をおかすことなく窒素の多用が可能になった。窒素の多用は作物体の窒素吸収と乾物生産を高めて増収するが、最近の集約化農業で議論の中心になる投入エネルギーの効率的利用の見地に立てば、施与窒素当りの子実生産性を高める必要があり、そのため窒素肥培管理法の改善が要望されるのである。

窒素施与量をはじめとした栽培条件が同じでも、地域によって土壌条件や気象条件が異なれば、生育相や乾物生産力も異なり、その結果、施与窒素の吸収率と単収には高低が生じるであろう。施与窒素の吸収率を支配する土壌要因、生育相や乾物生産に影響を与える気象要因が明らかになれば、環境条件の変動に対応した合理的な窒素肥培管理法が確立され、単収は増加し、地域間差や年次間

差も小さくなる。

以上の理由から、単収を増加させるには品種改良と栽培法の改善が必要である。そこで、著者はまず第1に、現在の主要栽培品種の栄養生理的特性を過去の品種と比較し、品種改良の方向を明らかにしようとした。第2に、秋播小麦の生育経過に基づいた施与窒素の管理技術を組立て、その結果を異なる環境条件に適用した場合の問題点を明らかにし、対策を確立しようとした。このために、本研究では下記について調査を行った。

1. 北海道における主要品種の栄養生理的特性の歴史の変遷
2. 秋播小麦の栄養生理的特性からみた生産力阻害要因の解析
3. 秋播小麦の生育、収量に及ぼす窒素施与位置の影響
4. 秋播小麦に対する効率的な窒素追肥法の確立
5. 土壌特性や気象条件に対応した窒素施与法の確立

謝

本論文の取りまとめに当っては、北海道大学農学部教授田中明博士に終始懇切なるご指導をいただき、さらに、本稿のご校閲を賜わった。また、北海道大学農学部教授岡島秀夫博士、および、同教授後藤寛治博士には本稿のご校閲をいただき、有益なご助言をいただいた。ここに深甚なる謝意を表する。

本研究は、元北見農試土壌肥料科科長大垣昭一氏（現道南農試場長）のご指導とご援助により開始したものであり、後任の土壌肥料科長、大崎玄佐雄氏（現中央農試環境保全部長）、平井義孝氏（現中央農試環境保全部主任研究員）、菊地晃二博士、の絶大なるご援助のもとで完成した。また、元中央農試場長中山利彦博士、前中央農試場長馬場徹

辞

代博士、前滝川畜試場長奥村純一博士、十勝農試場長南松雄博士、北海道大学農学部助教授但野利秋博士、には終始変らぬご激励をいただいた。ここに心から感謝の意を表する。

前北見農試小麦科科長尾関幸男氏（現北農試畑作物第1研究室長）は作況報告書のデーターの使用を快くお許し下さった。また、同科研究員天野洋一氏には試験材料と試験ほ場を提供していただいたり、適切なご助言をいただいた。さらに、本研究の遂行中には、北見農試管理科職員、および土壌肥料科臨時職員佐々木君子氏、三好和枝氏の絶大なるご協力をいただいた。以上の諸氏に心から感謝の意を表する。

第2章 北海道における主要品種の栄養生理的特性と生産性の歴史的変遷

2-1 既往の知見

(1) 草型と Ideotype (理想草型)

MONSI¹¹³⁾ が群落について葉の空間配列と乾物生産の関係を論じて以来、この問題に対する関心が高まった。しかし、LEDENT¹⁰³⁾ は小麦の葉の空間配列に関するデータは不足しており、現在はデータを蓄積する段階にあると指摘している。

密植、集約栽培条件下の小麦では、直立葉は葉群構成が均一で有利であり^{7, 42, 114, 190, 209)}、短くて小さい葉が直立葉になりやすい³⁹⁾、と言われる。また、RAWSON¹⁴⁹⁾ は、小麦で止葉の大きさと穂の大きさには負の相関があり、それは止葉と穂の間に同化産物をめぐる競合が存在するためと推定している。

角田²³⁵⁾ は、小麦および水稻で、厚葉が有利であると結論している。Khan ら^{91, 92)} は小麦について、干ばつ条件下での厚葉は単収が安定であると報告し、多くの研究者^{74, 83, 93, 119, 135)} が葉の厚さは葉の光合成速度と正の相関を示すことを認めている。しかし、葉面伸長は比葉面積 (SLA) の大きい品種ほど旺盛であり¹²⁰⁾、生育初期における光受容は薄葉で良好である。したがって、葉厚が乾物生産に果たす役割は生育時期や気象条件によって異なる。

小麦の高収品種は短く強い稈を持つと言われ^{107, 143, 226, 227)}、日本で育成された「農林10号」の持つ数対の半矮性遺伝子が小麦の短稈化に大きく貢献し、それらの導入が「Gaines」や「Nugaines」の育成に結びついて飛躍的な増収をもたらした。「緑の革命」と称されるに至った。しかし、IWHPN (International Winter Wheat Performance Nursery) の報告には、「Gaines」よりさらに短稈化することによって単収増になる品種を作り出すことは困難であると記載されており、極端な短稈化に注意を促している。YOSHIDA²⁴⁹⁾ も、極端な短稈品種は葉が短い稈に密に配列し、個体内で激

しい遮光をうけるため不利な形態になると予測している。

小麦の稈長は30～150 cm に及ぶが⁴⁸⁾、BRIGGLE¹⁸⁾ はBOROJEVICの結果を引用して稈長をDwarf, semidwarf, short, stunted, medium high, tall に6分類した。一方、STOSKOPF¹⁹¹⁾ は秋播小麦の稈長を50～79 cm, 80～110 cm, 115～150 cm に分け、それぞれ dwarf, semidwarf, tall と呼称した。そして、改良の進んだ矮性60品種を使用して稈長と単収の関係を検討し、稈長が56 cm から85 cm の範囲では長稈ほど高収であることを示した。JAPPA⁸⁶⁾ も半矮性品種を比較した場合、稈長と単収には正の相関があることを認め、LAW¹⁰²⁾ は極端な短稈化を見直し、半矮性の高めに選抜目標を置くべきであると提案している。また、RAWSON¹⁴⁸⁾ は短稈品種ほど茎の単位重量当り呼吸速度が大きく、乾物生産にとって短稈化が必ずしも有利でないと論じた。これらの報告から、短稈化によって耐倒伏性になり、耐肥性が向上し、増収したが、極端な短稈化はむしろ減収となる場合が多く、より高収を目指すには成熟期における全稈長の長短のみにとどまらず、稈の時期別伸長の問題も含めた知見が必要と考えられる。

DONALD³⁹⁾ は小麦で Ideotype を提案し、それは短強稈、単稈 (分けつしない)、稈の着葉数が少なく、小さい直立葉、大きな有芒穂の形態であるとした。ATSMAN ら⁵⁾ も形態学的には単稈で大穂になることが小麦の生産性を高めるために有利であると考え、彼らはそのような特性を有する小麦の育成に成功したと報告している。しかし、この小麦の単収については触れられておらず、実際の生産性は不明である。一方、EVANS ら⁴⁸⁾ は、小麦の育種材料としてよく使用される「農林10号」は短稈であるにもかかわらず、分けつ数が多いことを認め、STOSKOPF¹⁹¹⁾ は小麦の分けつ茎の成熟期が揃うならば、多分けつ性が有利であると述べて

いる。下野ら¹⁶⁶⁾も分けつ茎の生産力は主茎と同等で、小麦の生産性に対して必づしも単稈が優れているとは考えられないことを指摘した。

さらに、DONALD³⁹⁾は、小麦について sink 能が収量制限要因になっており、大穂が有利であると考えたが、後で述べるように収量の支配要因は環境条件によって変動しやすく、単純に結論すべき問題ではない。Ideotype の概念に基づいた育種がこれまで必づしも成功を収めていないのは⁴⁸⁾、以上のような点が原因になっているのであろう。なお、小麦では葉身以外に穂をはじめとした茎や葉鞘の光合成能が高く^{99, 171, 206, 213, 229)}、LAI はこれらの表面積を含めた全緑色面積、あるいは PAI (Photosynthetic Area Index) として示される^{54, 55, 178, 248)}点も無視できぬ問題である。

(2) 収穫指数 (HI) と生産性

全乾物生産量 (biological yield) に対する収穫目的物乾物生産量 (economic yield) の比は Harvest Index (以後、HI と呼ぶ)⁴⁰⁾、Coefficient of Effectiveness¹²⁴⁾、あるいは Migration Coefficient²²⁴⁾と呼ばれる。

BHATT¹³⁾が指摘するように HI は作物の生産力を規定する一要因で、1) 全乾物生産量 (以後、全重と呼ぶ) の変化なしに HI を高める、2) HI の変化なしに全重を高める、3) HI と全重の両者を高める、ことによって増収が可能である。

DOBEN³⁸⁾はオランダで1970年以前に育成された秋播小麦新旧品種の HI を比較したところ、34% から40% と漸増したことを認め、SYME¹⁹⁴⁾はオーストラリアの春播小麦43品種の比較では、新品種ほど HI が高いことを明らかにし、WATSON²³⁶⁾もイギリスの大麦、小麦新品種の子実・茎葉比は旧品種にくらべて高いと報告している。

HI が向上した原因を SINGH¹⁶⁸⁾は短稈化に伴う栄養生長部分の乾物重低下に求め、その他の研究者たち^{89, 105, 228)}も同様な見解を示している。THORNE²¹⁴⁾は短強稈品種の選択によって得られた新しい高収性品種の HI は大きく、HI の向上に対する短稈化の重要性を指摘している。HI と単収の間には正の相関が認められるので、^{122, 214)}、HI の向上が短稈化によって達成されたとす

れば、全重をほとんど変化させることなく増収したと考えるのが妥当であろう。KRAMER⁹⁸⁾、DONALD⁴¹⁾、DOBEN³⁸⁾らも増収の主要因は全重の変化なしに HI を高めた結果であると推定している。MAKUNGA¹⁰⁵⁾は半矮性品種の稈の生育には長稈性品種ほど大量の同化産物を必要としないので、開花前に蓄積された同化産物が効率よく子実に転流し、半矮性品種で高 HI になると考えた。

一方、WIEGAND²⁴¹⁾は全重の変化なしに HI を高めたことが増収に結びついたとしながらも、穂の機能に注目している。NASS¹²³⁾も子実充実速度の高い品種が高 HI で高収であることを認めている。ただし、子実充実速度の高い品種が短稈であるとは限らず、長稈 (103~108 cm) でも子実充実速度と HI の高い品種が存在するとしている。下野¹⁶⁵⁾も HI と稈長、茎葉重の間には一定の関係が認められず、むしろ、1 穂粒数や1 穂子実重との間に密接な正の関係があることを指摘した。1 穂粒数の多い品種は穎花分化期の穂に多量の同化産物が集積し、開花期の穂重が大きく¹⁰⁵⁾、このことから稈長の品種間差より1 穂粒数の品種間差が同化産物の転流に重要な意味を持つと考えられる。

以上の結果から、新品種は旧品種にくらべて明らかに高 HI であるが、高 HI になった原因には諸説があり、統一した見解をえることはできない。また、稈長が HI と子実生産性に与える影響にも一定の傾向が認められない。確かに、tall から semidwarf と短稈化させられるにつれ HI が高まり増収したと考えられるが、NASS¹²³⁾の結果から推定して品種改良の進んだ semidwarf 間、あるいは semidwarf と dwarf 間では HI が高くなったとしても、短稈化に伴って全重も減少する場合には必づしも増収にならないことが予測される。さらに、茎重は開花期以降でも増加し^{49, 146, 232)}、短稈化された品種でも開花期以降の茎重増加が著しいものは穂の生育と競合する可能性がある。Makunga¹⁰⁵⁾は HI に対する開花期の茎重の重要性を指摘しているが、むしろ開花期以降の茎の生育がより重視されねばならない。結局、HI には品種間で大きな差があるが、YOSHIDA²⁴⁹⁾や村

田¹²¹⁾が指摘するように、現在はその原因が明らかでない。ただし、SYME ら¹⁹⁴⁾はメキシコのCIMMYTで育成された品種のHIはガラス室条件下で56.8%を示すことを認め、また、AUSTIN ら⁸⁾によればHIは理論的に62%まで高めうると試算しており、この値は現状のHIよりかなり高く、品種改良の可能性があるものと考えられる。

つぎにHIの栽培法や施肥法による変化を論ずると、FISCHER ら⁵⁶⁾は播種量の増加によるHIの低下を認めているが、下野¹⁶⁶⁾はそのような関係を認めていない。また、SPIERTZ ら¹⁸¹⁾やNOVOA¹²⁷⁾は窒素施与増によりHIが向上するとし、MAKUNGA¹⁰⁵⁾、PERMAN¹⁴⁰⁾らは開花後に供給された¹⁴Cの分布は窒素施与増によって変化しないと示した。このように栽培条件とHIの関係には相反する結論が得られており、また、研究報告の数も少なく、現在のところ両者の相互関係は明らかでない。Fischer ら⁵⁷⁾は品種改良においてHIは固定度の高い形質で初期世代(F₂)の選抜基準に使用し得るとした。さらに、YOSHIDA²⁴⁹⁾は多くの条件下である特定の品種のHIを大幅に変化させることは困難であると考えている。したがって、栽培条件によるHIの改善は品種改良で実現したほど容易には達成されないとみるべきであり、むしろHIを低下させずに全重を高める栽培法や施肥法の確立が増収への早道であろう。

以上のことから、HIは遺伝的特性で品種改良による改善効果が大きく、栽培法や施肥法による改善効果は相対的に小さいと結論される。

(3) Source—Sink 関係と同化産物の転流機構

我が国の麦類の生産性に関する研究は、主に収量構成要素の面から進められてきたと武田²⁰⁷⁾は指摘している。後藤⁶⁸⁾によると、収量に対する各構成要素の貢献度は年次、場所、品種によって大幅に異なり、結果の説明には効果を発揮するが、作業仮説の発想には使いにくいと述べ、下野¹⁶⁵⁾も同様な見解を示している。一方、source—sink 関係に基づく生産性の解析、あるいは、村田¹²¹⁾の提案した収量キャパシティと収量内容生産量に分けて解析する方法は、乾物生産の推移とその配分を問題にしている。

Source と sink の間には光合成産物の供給と需要をとおして一定の相互関係があり、source 能は葉面積(大きさ)と純同化率あるいは光合成速度(活性)に、sink 能は単位は場面積当り粒数(大きさ)と粒大(活性)にそれぞれ分けられる。田中²⁰⁰⁾は各作物の品種改良の歴史を source—sink 関係に基づいて解析し、水稻は source の改良段階を終え、再び sink の改良段階にあること、トウモロコシでも¹⁹⁹⁾ sink 能が収量に対して主動的な支配力を持っていることを明らかにしている。小麦では田中らのように品種改良の歴史を source—sink 関係から解析し、品種改良の方向性に示唆を与えるような研究はほとんど認められず、FISCHER ら⁵⁹⁾がメキシコにおける最も新しい品種で旧品種より source limitation の著しいことを示したにすぎない。むしろ、異った気象条件下にある世界各地、ある特定の品種の source—sink 関係を論じた研究が多い。その代表例がオーストラリアとイギリスにおいて行われた研究であり、オーストラリアでは以下の理由で sink 能が収量制限要因になると考えられた²¹⁸⁾。

- i) 穂を遮光したり、剪葉して光合成を制限しても他器官からの補償的供給があるため、予想していたほど収量減にならない^{17, 148, 231)}。
- ii) バーナリゼーションや日長処理により粒数を増加させると、葉面積指数(LAI)は減少するが収量は増加する¹⁴⁷⁾。
- iii) 止葉の光合成速度は穂の同化産物要求の変化に伴い変動する^{49, 94, 148)}。
- iv) 穂と止葉の光合成だけでも子実の生育が最も旺盛な期間の需要を十分に満たしうる¹⁴⁸⁾。

これに対して、イギリスを中心とした西ヨーロッパの研究者は以下の理由で source 能が収量制限要因になっていると指摘した。

- i) 収量と LAI, LAD さらに全光合成量との間には密接な関係がある^{112, 171, 178)}。
- ii) 遮光や剪葉による同化産物の供給減がかなりの収量減になる^{192, 238)}。
- iii) 南オーストラリアでも収量変動の大部分

は開花後の光合成量の相違で説明される¹⁴⁴⁾。

- iv) 穂切除や低温による sink 能の減少によって程に同化産物が集積するが、止葉の光合成速度には影響しない^{104, 217)}。

THORNE²¹⁸⁾によれば、両地域の相違は試験期間の日射量の差に基づくものであり(オーストラリヤ: 697 cal/cm²/day, イギリス: 294~463 cal/cm²/day), 高日射量で光合成が充分に行われるオーストラリヤでは sink 能が、その不十分なイギリスでは source 能が制限要因になると考えた。また、彼女²¹⁹⁾は子実収量が 5t/ha 以下、あるいは開花期の LAI が 7 以下の場合には、子実生産に対する LAD の役割が大きい、それ以上では相対的に小さいと指摘している。さらに、GIFFORD⁶⁶⁾はオーストラリヤでも登熟期間の日射量が 470 cal/cm²/day 程度であると、source と sink はほぼ等しく大麦の収量を規制することを見出した。EVANS⁴⁹⁾, FISCHER⁵⁵⁾も sink に対する source の相対的重要性は年次、緯度、気象条件、播種期の相違によって、変動しやすいものであり、このような条件では収量制限要因を明らかにすることはできないと考えている。言い換えれば、異った環境条件では source 能を高めるべきであるとする主張と sink 能を高めるべきであるとする主張が成立しうることを示している。これらの主張は互に相反するかにみえるが、田中²⁰¹⁾は、条件次第でどちらも正しいのであって、与えられた条件において source と sink のいずれが乾物生産を律速しているか見極めることが重要であると述べている。したがって、品種や環境条件の相違に基づく多種多様な生育過程と生育のバランスを追求することが source-sink 関係を解析するためには重要であると考えられる。

開花前の同化産物が子実量に貢献する割合は、干ばつなどの特殊な場合を除いて小麦で 5~10%^{2, 232)}, トウモロコシで 15~20%^{82, 197)}, 水稻で 40%²⁴⁹⁾になると推定されており、小麦は他の禾本科作物にくらべて貢献度が小さい。したがって、EVANS⁴⁸⁾, 田中^{196, 197)}, ALLISON^らが指摘するように子実収量は開花前に蓄積された同化産物より開花後の光合成量によって支配される面が強く、

EVANS⁴⁹⁾は収量制限要因が source か sink かと言う論議も開花期以降における両者の相対的關係に基づくと考えている。ただし、LAI は子実があまり生長していない開花直後には大きい、その生長が旺盛になるに伴い急速に低下し、同化産物の供給力も低下するので、開花期以降における source と sink の相対的重要性は、登熟の段階と環境の相違によって変化する。また、EVANS⁴⁹⁾, FISCHER⁵⁵⁾らの見解に従えば、単位面積当り粒数は開花前の光合成に支配される可能性が強く、開花期以降の source と sink の相対関係にはそれ以前に決定された sink 能の強弱が重要な役割を果していると考えなければならない。

北条⁷⁶⁾は各作物を対象とした場合、sink の需要減によって光合成作用の減退した例、光合成産物の source での蓄積によって光合成の阻害された例などをあげ²⁰⁵⁾、全体として sink の source に対する影響の大きいことを指摘している。北条の見解は乾物生産の受給を通した作物の生育過程全般を対象としたものであるが、小麦の収量を対象とした場合にも、まず sink が形成され、それに伴って source 能が発達すると考えるべきであろう。

Sink 能の重要な構成因子である粒数は収量との関係が深く^{55, 164)}、EVANS⁴⁸⁾は小麦の光合成機構に影響を与えることなく 1 穂粒数を増すと収量増になることを明らかにしている。子実収量を最も単純に解析すれば、粒数×粒重になるが、粒数は環境による変動が大きく、その上限値も高いのに対して⁵⁵⁾、粒重は遺伝的特性に支配され、²¹⁸⁾、変動幅が小さい。したがって、気象条件や栽培法、施肥法の相違による影響を受けやすい粒数が収量を強く規制し、相対的に sink 能の大きさを論議の対象とする場合が多い。しかし、粒数が減少すれば粒重が増加し^{14, 147)}、両者の負の關係は余分な sink 能の存在を示し⁴⁹⁾、このような場合には source 能が制限要因になっていると考えることもできる。

以上の結果から、source-sink 関係による収量解析法は極めて複雑で、両者の相対的重要性も生育時期や環境条件によって大きく異なる。

THORNE²¹⁸⁾ は、まず光合成産物の分配と生産をコントロールする機作の解明が重要であり、それが達成できれば、source-sink 関係もよりよく理解できるであろうと述べている。換言すれば、source-sink 関係の中で source から sink への同化産物の転流機構を解明することが優先されるべきである。

転流機構の問題は多くの作物で検討され、光合成速度⁴⁸⁾、節部横断面積^{47, 48, 49, 162)}、胚乳細胞数²⁰⁾、ホルモン効果⁴⁸⁾などとの関係で論じられているが、今のところ明確な結論を得るには至っていない。また、同化産物の分布は光合成量によって、あるいは sink の強さと sink に対する距離によっても決定される⁴⁸⁾。さらに、同化産物の穂への分布割合は 1 穂粒数の多い品種ほど高い^{105, 155)}。したがって、sink の大きさや活性が何らかの形で同化産物の分配に影響を与えているとみられるが、やはり、その機構はあまり知られていない。

作物の生育と収量にとって source-sink 関係は重要な意味を持っており、極めて興味深い問題と考えられるが、その中味は不明確な部分が多く、今後ともデータを蓄積しなければならない段階にあると理解される。

(4) 茎と穂の生育、競合および子実乾物生産速度 (GGR)

一般に小麦では開花期以降も稈が伸長し、さらに、稈の伸長が停止したあとも茎重は増加する^{123, 148, 181)}。開花後の茎重が増加し続ける期間には、RAWSON¹⁴⁸⁾ は 3～15 日、SPIERTZ ら¹⁸¹⁾ は約 2 週間、NASS ら¹²³⁾ は 10～19 日、と報告している。研究者間のこのような差は、品種や環境条件の相違に基づいていると思われるが、いづれにしても登熟初期には茎重が増加し続ける。換言すれば、茎は開花期以降も同化産物を蓄積する sink として機能する。EVANS⁴⁸⁾ も茎は sucrose を主とした水溶性炭水化物を貯蔵することを示した。また、SPIERTZ ら¹⁸¹⁾ も茎の水溶性炭水化物は開花後 2 週間に亘って増加し、茎重の増加期間に対応していることを見出した。

茎において同化産物が蓄積する原因として

SPIERTZ ら¹⁸¹⁾ は、登熟初期の子実では同化産物要求が小さいので、過剰な光合成産物が茎に一時的に貯蔵されると考えた。しかし、一方では茎自体の生育を確保するために同化産物を蓄積する可能性もあり、CARR ら²⁵⁾ が述べているように、穂の初期生育と茎の生長は競合する可能性が強い。したがって、開花期以降の茎の生育が穂の生育に支配される受動的なものであるのか、それとも穂の生育を支配する能動的なものであるのか、まず明らかにする必要がある、それが解析されれば生育過程における穂と茎の相互関係もより明確になるであろう。ただし、開花後の茎重増加は必ずしも稈の長短に対応しないと言われており^{123, 148)}、茎の生育を制御する機作は極めて複雑である。

小麦の穂（子実を含む）の生育は全体として S 字状の乾物重増加曲線を示すが、開花後 2、3 日目から成熟期近くまではほぼ直線的に増加する^{14, 49, 175, 176, 230)}。これまで直線部分の子実の乾物生産速度（以後、GGR と呼ぶ）には品種間差が認められず^{3, 4, 192)}、収量は登熟期間の長短によって支配されと考えられていたが³⁷⁾、最近では GGR の品種間差を認めた報告が多く^{10, 123, 148, 170, 176)}、逆に、登熟日数にはあまり品種間差が認められないとする報告もある^{106, 175)}。NASS¹²³⁾ は、GGR の高い品種は収量と 1 穂粒数が多く¹⁴⁸⁾、粒重も大きく、HI の向上に結びつくので、登熟期間より GGR が重要な収量決定要因であると結論している。

子実収量は GGR と登熟期間の積として表われるので、source-sink 関係と同様に与えられた条件下でどちらがより強く収量を支配しているのか見きわめることは非常に困難である。登熟期間は温度に強く影響され、高温はその期間を短縮する^{61, 175, 179, 234)}。一方、GGR も温度に影響され、温度と共に上昇する^{29, 175, 176, 180, 241)}。また、WIEGAND²⁴¹⁾、SOFILD¹⁷⁶⁾、SIMMON¹⁷⁰⁾ らは、登熟期間は温度に規制されるから育種上改善が困難なので、収量を高めるには GGR の高い品種を作り出すべきであると主張している。しかし、温度に対する登熟期間や GGR の反応が品種間で一様であるのか、異なっているのか明さにされない限

り、また、登熟期間そのものの意義づけと子実の生育における非直線部分の意義づけが解析されない限り、前記推定の可否に結論を下すことはできない。

GGR にはその測定をめぐる問題点が残されている。すなわち、RAWSON¹⁴⁸⁾は比較的登熟初期の直線部分を測定し、得られた結果から GGR の品種間差を検討した。一方、NASS ら¹²³⁾は子実重の平方根をとり、2次の多項式に基づいて生長過程をモデル化し、登熟中期の GGR を求めている。GGR が長期間一定である場合には、両測定法の相違もそれ程の問題でないが、実際は開花期以降も茎が旺盛に生育している期間と、その後の期間とでは GGR に相違が生じるものと推定される。したがって、子実の生育過程を詳細に検討した上で正確な方法を用いて GGR を求める必要がある。

EVANS⁴⁸⁾は炭水化物のバランスシートからみて、子実に使用される以上の同化産物が生産されるので、GGR は光合成速度に規制されずむしろ同化産物の転流や蓄積過程によって支配されていると考えた。THORNE²¹⁸⁾も穂の生長速度は炭水化物の供給力以外の要因によって支配されていると考え、いわゆる転流問題の重要性を示唆している。Source-sink 関係の項でも指摘したが、子実の生育過程においても同化産物の転流機構を明らかにする必要がある。とくに、炭水化物が茎葉部に大量蓄積され、葉の機能が衰えていない登熟初期における同化産物の転流問題、および葉の機能が衰えた段階での穂や茎の光合成能と茎葉部における蓄積同化産物の転流問題は極めて重要で、早急に明らかにされねばならない。GGR の直線部分以外の期間における穂や子実の生育が全体の生育過程や収量に対してどのような影響を及ぼしているのかの解析も必要である。いわゆる開花期以降における子実生育の lag period^{49, 148)}の意義づけ、および成熟期近くの子実生育の機作などが解析すべき対象になる。

(5) 窒素栄養特性と生産性

一般に、与えられた日射量下における乾物生産速度 (CGR) は、LAI と NAR の積として理解され¹²⁰⁾、田中²⁰⁰⁾によれば、生育に伴う LAI の変化

からみて、CGR は生育初期には LAI に、生育後期には NAR に主として支配されることが多いと述べている。CGR を構成するこれらの要因はいずれも窒素栄養によって律せられている。すなわち、窒素増肥で葉数と葉の大きさが増大し、小麦の LAI^{100, 136, 181, 182, 236)}と LAD^{181, 182)}は増加する。NAR は透光率に関与する葉の配列や単葉光合成能に解析され²⁰⁰⁾、田中ら¹⁹⁸⁾はトウモロコシの光合成能の主な支配要因は葉身の窒素含有率であることを明らかにした。また、水稻^{96, 235)}、小麦^{22, 134)}でも同様な関係が認められ、KHAN ら⁹²⁾は半矮性で葉の窒素含有量、光合成能ともに高い小麦品種では、葉肉細胞が密に配列し、細胞間隙の少ないことを指摘している。さらに、EVANS⁴⁵⁾は生育時期、施肥処理の相違にかかわらず、止葉の全窒素含有量と二酸化炭素同化速度、クロロフィル含有量との間に直線的な正の相関を認めている。

一方、NOVOA¹²⁷⁾は澱粉やセルロース合成より蛋白合成は、エネルギーを多量に要し、蛋白含有量が増加するにつれ、呼吸量も増大すると考えた。PENNING DE VRIES¹³⁹⁾も生長呼吸は蛋白含量に対応していることを認め、その他、小麦で THORNE²¹²⁾ SPIERTZ¹⁸¹⁾、水稻で田中ら¹⁹⁵⁾も窒素増肥により呼吸量が増大すると指摘している。また、PERMAN¹³⁶⁾は窒素増肥により grain/leaf 比が低下することを見出し、この現象には呼吸量の増大が関与していると推定した。以上のように、窒素は LAI や NAR などの乾物生産に直結する source 能を高めるが、呼吸量も同様に高めるため、乾物生産と呼吸のバランスを考慮した効率的な窒素の利用方法を確立する必要がある。

多くの研究者^{49, 181, 215)}が小麦の収量決定要素としての粒数の重要性を指摘している。窒素は分げつ数と穂数を増加させる¹²⁷⁾だけでなく、穂当り小穂数も増加させる^{78, 101, 109, 136)}ので、窒素増肥が粒数増に結びつく。一方、粒重はすでに指摘したように、粒数より変動が小さい上に窒素レベルの上昇で増加する^{71, 100, 136)}場合と変化しない¹⁴⁵⁾場合が報告されており、窒素に対する反応は一樣でない。したがって、sink 能に対する窒素効果としてみると、窒素増肥による増収は主に

sink の大きさで表現される粒数増に基づいており、sink の活性として表現される粒重はあまり関係していないことになる。

窒素増肥は子実収量だけでなく、同時に子実蛋白含有率も上昇させる場合が多い^{71, 100, 181, 183, 236)}。一方、HUKLESBY⁸¹⁾やその他の研究者は品種間で子実重と子実蛋白含有率との間に負の相関を認めた。このような負の相関が存在する原因として、NOVOA¹²⁷⁾は炭水化物の合成より蛋白合成が大量のエネルギーを必要とするためであると述べている。すなわち、1 g のグルコースで蛋白は0.38 g、澱粉は0.86 g 合成されると言われており²⁴⁵⁾、明らかに蛋白合成で大量のグルコースが消費され、乾物ロスの著しいことを示している。ただし、生育後期に窒素追肥を行うと、必ずしも子実重と子実蛋白含有率の間に負の相関が認められないとの報告もあり^{12, 17, 49, 87, 153, 174)}、両者の関係は環境条件や窒素の施与時期などによって変動しやすい。また、PUSHMANN¹⁴⁵⁾は、子実蛋白含有率の変動は窒素施与処理間より品種間で大きいことを認め、MIEZAN¹¹¹⁾も収量を低下させることなく小麦の子実蛋白を育種的に高めうると結論している。

子実蛋白含有率の小麦品種間差に関して、SETH¹⁶³⁾は、出穂期の窒素吸収量に品種間差はないが、その後、高蛋白品種では子実において急速な窒素集積量の増加が認められることを示した。また、AUSTIN ら⁹⁾も高、低蛋白品種の比較から登熟期間中にも窒素を旺盛に吸収し続ける能力が粒の蛋白集積に対して重要であると指摘している。一方、McNEAL ら¹¹⁰⁾は、子実蛋白含有率の品種間差は茎葉部から子実へ転流する窒素量に支配されると主張している。ある特定の品種を用いた場合でも、EVANS⁴⁸⁾は窒素管理法が良好であれば、子実蛋白の半分以上が登熟期間中に吸収された窒素に由来するのに対して、不良な場合には大部分が茎葉部からの再転流に基づくと考えた。結局、登熟期間の吸収窒素と転流窒素は、いずれも子実蛋白形成に対して重要な役割を果しているのであって、SPIERTZ¹⁸¹⁾が指摘するように、子実の窒素要求が登熟期間の吸収量以上であれば、茎葉部に蓄積されていた窒素が転流し、source として作用する

と考えることができる。ただし、source が早く消費されると、老化を促進し、葉の光合成活性を弱めて減収するので、高収で高蛋白小麦をえるには登熟期間中にも窒素を吸収しうる環境が望まれる。

子実への窒素分配効率を表わす窒素収穫指数 (Nitrogen Harvest Index, 以後、NHI と呼ぶ) は 22~78% に及び³³⁾、窒素施与量の増加により低下する場合^{64, 81, 109)}と低下しない場合¹⁸¹⁾の相対立する報告がある。先述したように、同化産物の分配係数である HI にも同様な研究者間の相違が認められ、興味ある現象である。この点に関して、AUSTIN⁹⁾は HI と NHI の間に有意な正の相関を認め、これは炭素の同化と硝酸態窒素の還元が、ともに葉緑体で作られるエネルギーに支配されているためであると考えた。しかし、子実へ転流する炭水化物と窒素はそれぞれ独立した機構に支配されているとの考えもあり²²⁰⁾、HI と NHI を律する要因に対して必ずしも統一した見解が得られていない。

以上のように、窒素栄養に関する情報は多岐多様であるが、子実の生産性や蛋白含有率に直結する窒素の転流、および窒素と炭水化物の代謝や分配との関係で検討を加えた報告例が少なく、今後の検討課題である。また硝酸還元酵素活性 (NRA)^{35, 246)}、および酸性プロテアーゼ活性²⁴⁷⁾と子実の窒素集積および子実収量との相互関係も論じられており、蛋白合成時のエネルギー消費問題も含めて生化学的な検討も必要な段階に達している。

2-2 実験方法および結果

2-2-1 新旧品種・系統の栄養生理的特性・生産性の変遷

実験方法

a) 1982年9月17日と1983年9月19日に、北見農試ほ場 (常呂郡訓子府町、湿性黒色火山性土⁷⁷⁾、壤土、PH 5.4、T-N : 0.64%、T-C : 6.6%、CEC : 35.5 me/100 g、Truog-P₂O₅ : 7.3mg/100 g、P₂O₅ 吸収係数 : 1228、以下の試験も特記しない限り同農試ほ場で行った) で北海道の新旧5品種 [「赤錆不知1号」(奨励年次1927年)、「ホクエイ」(1954年)、「ムカコムギ」(1969年)、「ホロシリコムギ」(1974年)、

「チホクコムギ」(1981年)]を畦幅60 cm・135粒/m²(1982年), または畦幅20 cm・340粒/m²(1983年)で条播し, 1区面積50m²で試験を行った。なお, 化成肥料(10-18-12)を1982年は450 kg/ha, 1983年は900 kg/ha 作条施与した。

出穂揃期には部位別乾物重と窒素吸収量, 稈長, 茎数, LAI, 葉身の長さ, 幅, 窒素含有率などを調査し, 成熟期には生育収量調査を行った。

なお, 1983年には開花期以降, 茎の節間別乾物重を経時的に調査し, 同時に節間別全糖含有率を定量した。

b) 1978年9月13日に, 成熟期がほぼ同一で, 耐病性にも大きな差がない8種の品種または育成系統[「ムカコムギ(育成系統番号, 北見11号)」(北見農試育成系統番号がついた年次, 1965年), 「ホロシリコムギ(北見23号)」(1969年), 「北見33号」(1972年), 「北見38号」(1974年), 「北見44号」(1977年), 「北見49号」(1977年), 「北見51号」(1978年), 「北見52号」(1978年))および成熟期が早い「タクネコムギ」, アメリカの硬質小麦品種である「ユーコン」を条播し, 出穂揃期と成熟期に各種生育調査を行った。なお, 「チホクコムギ」の育成系統番号(北見42号)がついた年次は1976年である。

試験は3反復で行い, 畦幅30 cm, 播種量350粒/m²で, 施肥量は80 kg N/ha(硫酸), 140 kg P₂O₅/ha(過石, 熔燐半量づつ), 90 kg K₂O/ha(硫酸)で播種時に全量作条施与した。以下の実験では, この反復数と栽植密度を標準耕種法, この施肥法を標準施肥法と呼び, 両者の組合せの場合には標準栽培法と呼ぶ。

実験結果

a) 1983年は低温で, 1984年は高温で推移した。なお, 実験結果は原則として収穫年次で示す。

出穂揃期には, 稈長は赤錆不知1号で著しく長く, 他の品種間の差は小さかった(図1-a)。地上部乾物重は赤錆不知1号で大きく, ムカコムギで小さく, 他の品種には差がなかった。第1葉(最上位葉), 第2葉についてみると, 葉身長は新品種ほど大きい傾向であったが, チホクコムギの葉身長はホロシリコムギより短かった。葉幅は新しい品種ほど大きかった。葉身窒素含有率, SLA, LAIには, 品種間で一定の傾向が認められなかつ

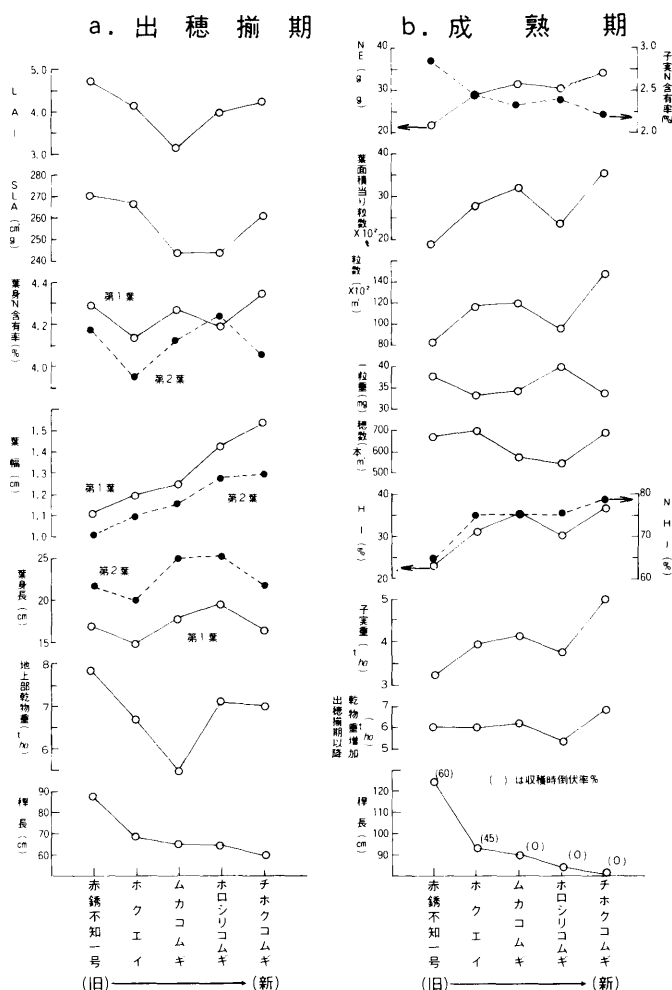


図1 新旧品種の出穂揃期(a)と成熟期(b)における各形質の比較(1983年と1984年の2ヶ年平均値)

注) NE: Nitrogen Efficiency

た。

LAI の葉位別構成割合をみると、新品種ほど第1葉の割合が高く、下位葉の割合が低く、同様な傾向は葉位別窒素含有量割合にも認められたが、乾物重割合には、LAI や窒素含有量ほどの品種間差はなかった（図2）。

ホロシリコムギとチホクコムギの止葉の形態は著しく異なり、前者は非直立型、後者は直立型である（写真1）。

出穂揃期から登熟中期（開花後14日）にかけて茎の乾物重は増加し、赤錆不知1号では成熟期までその増加が続き、他の品種では成熟期にかけて減少し、その減少はチホクコムギで最も大きかった（図3）。単位稈長当り乾物重についても同様な傾向が認められ、出穂揃期におけるその値は新品種ほど大きかった。

出穂揃期と登熟中期の茎の全糖含有率、含有量は、赤錆不知1号からホロシリコムギまでは新品種ほど高く、チホクコムギではホロシリコムギよりや

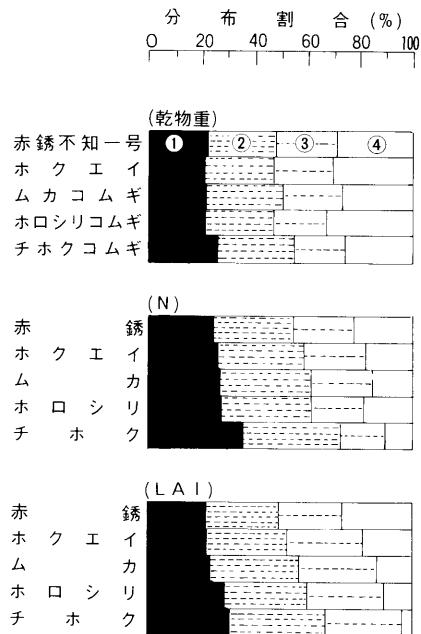


図2 出穂揃期における葉位別の乾物重、窒素含有量、LAI の分布割合（1984年）

注) ①：最上位 ②：第2位 ③：第3位 ④：第4位葉

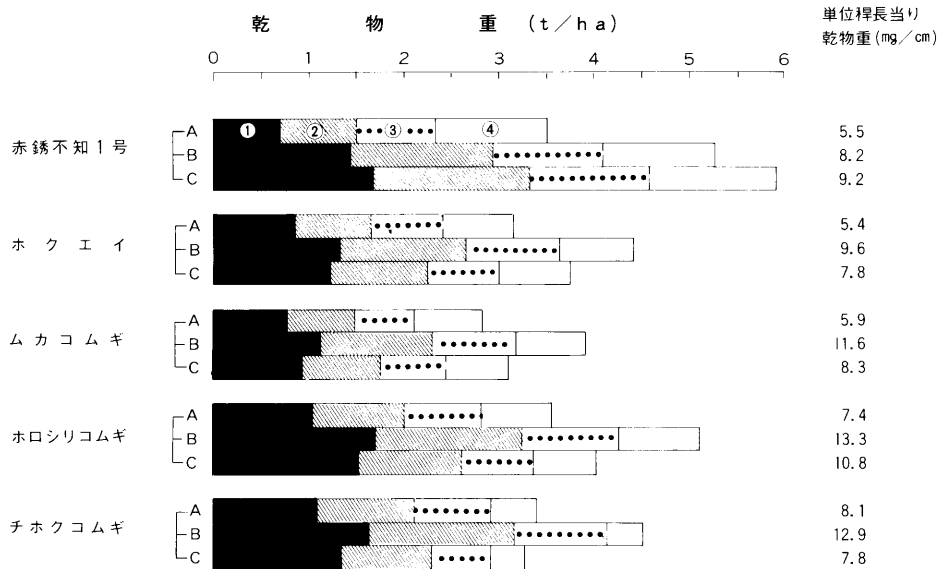


図3. 節間別乾物重および単位稈長当り乾物重の時期別変化とその品種間差（1984年）

注) 1. A：出穂揃期（6月19日） B：開花後2週間（7月4日） C：成熟期（7月26日）
2. ①：最上位節間 ②：第2位節間 ③：第3位節間 ④：第4位節間

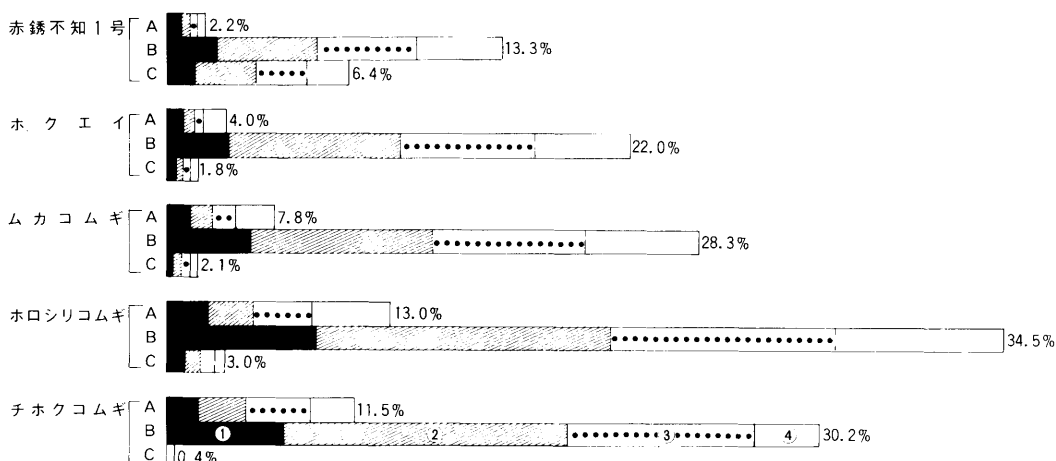
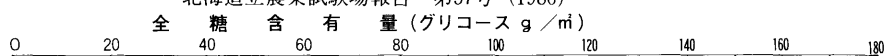


図4. 茎部全糖含有量と全糖含有率の時期別変化と品種間差 (1984年)

注) 1. A: 出穂前期 (6月19日) B: 開花後2週間 (7月4日) C: 成熟期 (7月26日)
 2. 1: 最上位節間 2: 第2位節間 3: 第3位節間 4: 最下位節間
 3. %数字は茎全体の全糖含有率を示す。

や低く、出穂前期から登熟中期にかけて全品種でそれらの値が顕著に高まった。(図4)。また、登熟中期より成熟期にかけて、全糖含有率は各品種とも急速に低下したが、その低下は赤錆不知1号で小さく、チホクコムギで大きかった。

成熟期には、新品種ほど短程で、子実窒素含有率は低く、子実重、HI、NHI、単位は場面積当り粒数 (以後、粒数と呼ぶ)、NE (吸収窒素当り子実生産能)は、チホクコムギ>ムカコムギ>ホクエイ>ホロシリコムギ>赤錆不知1号であり、ホロシリコムギを除くと新品種ほど高かった (図1-b)。一方、穂数は赤錆不知1号からホロシリコムギまで減少し、チホクコムギでホクエイなみの水準に回復した。1粒重はホロシリコムギ、赤錆不知1号で、その他の品種より大きかった。なお、子実重、全重、1粒重は特記しない限り、絶乾物表示とする。

b) 出穂前期の稈長は、ムカコムギ、北見33号で長かったが、その他の系統 (品種・育成系統を一括して系統と呼ぶ) 間にはあまり差がなかった (図5-a)。また、地上部乾物重、LAI、および止葉の長さとは一定の傾向がなかった。しかし、止葉のLAIおよび全乾物重に対する穂

a. 出穂前期 b. 成熟期

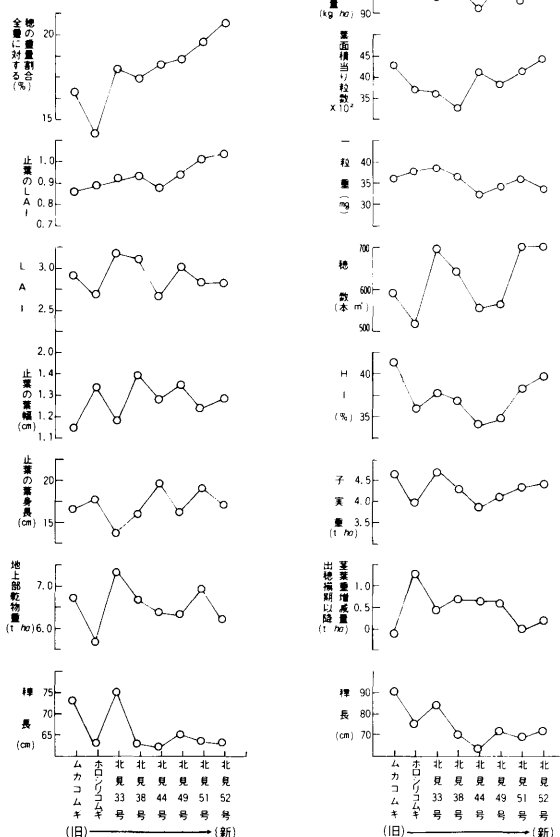


図5. 新旧品種・系統の出穂前期(a)および成熟期(b)における各形質の比較

の重量割合は、新系統は高い傾向を示した。

成熟期では、ムカコムギやホロシリコムギにくらべて、北見33号を除くより新しい系統はいづれも短稈であった。その他の形質には、育成年次に対応するような一定の傾向は認められなかった。ただし、北見38号以降の系統では、それらの比較品種であるホロシリコムギより若干増収した。(図5-b)。

一方、HI および LAI と子実重との間には正の相関が、また、HI と出穂前期以降の乾物重増加量との間には負の相関が認められ、子実窒素含有率と子実重との間には負の相関が認められた(図6-a, b, c, d)。

2-2-2 品種間の乾物生産、窒素吸収特性の比較

実験方法

1976年9月15日、「ムカコムギ」と「ホロシリコムギ」を標準栽培法で播種し、作物体を経時的に採取し、各種の調査を行った。

実験結果

地上部の乾物重は、両品種とも起生期以降、指数曲線的に増加し、出穂期前後までは品種間差が認められなかった。しかし、ホロシリコムギの茎葉重は出穂期以降、約10日間の増加が著しく、そ

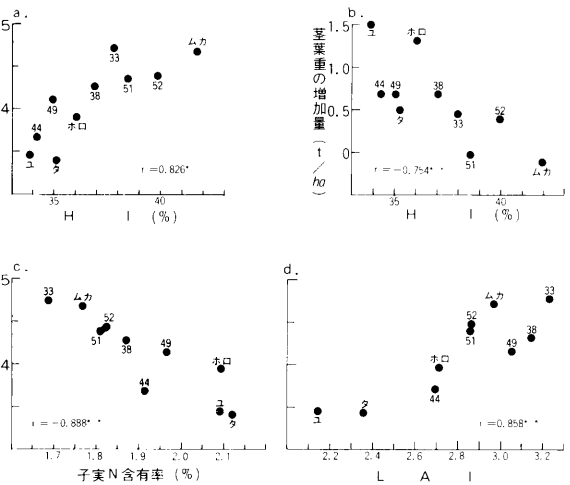


図6. 収穫指数(HI)と子実収量(a)および出穂前期以降茎重増加量(b)との関係、並びに子実窒素含有率(c)および出穂前期葉面積指数(d)との関係

(注) ムカ ムカコムギ ホロ ホロシリコムギ 33 北見33号 44 北見44号 49 北見49号 51 北見51号 52 北見52号 タ タクネコムギ ユ ユーコン

の後、急激に減少したが、成熟期でもムカコムギより大きく、穂重は小さかった(図7)。

窒素吸収速度は、両品種とも出穂期までがそれ以降より大きく、出穂期以降の窒素吸収量は、ホロシリコムギでムカコムギより多かった。なお、子実重、HI はムカコムギがホロシリコムギより明らかに高かった。

2-2-3 品種・育成系統間の葉面積指数、葉の形態特性の比較

実験方法

a) 1976年9月15日、「ムカコムギ」、「ホロシリコムギ」、「北見33号」、「北見38号」、「タクネコムギ」、「ユーコン」を標準栽培法で播種し、経時的にLAIを測定するとともに、登熟初期には葉身長、葉幅などの葉の形態とSLAを調査した。また、出穂期以降には葉位別のクロロフィルと窒素の分析を行い、成熟期には各種の調査を

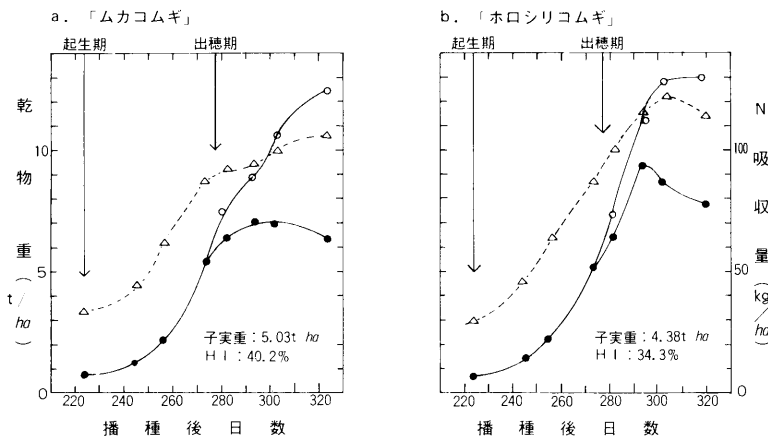


図7. 越冬後の「ムカコムギ」と「ホロシリコムギ」の地部乾物重と窒素吸収量の推移の比較

(注) —○— 全重、—●— 茎葉重、---△--- 窒素吸収量

行った。

b) 1976年から1980年にかけて、多くの系統を供試した各種試験の結果について検討した。各試験とも標準耕種法であるが、窒素施与量、供試系統は年次によって異なる。

実験結果

a) LAI はいづれの系統でも出穂期前に最高に達し、出穂期以降急激に低下した。最高 LAI になった播種後271日目まで系統間の比較をすると、北見33号>ムカコムギ>ホロシリコムギ=北見38号>タクネコムギ>ユーコンで、この順位は子実重の順位とはほぼ一致した(図8-a)。また、出穂期以降の LAD (葉積) と子実重の間にも正の相関が認められた(図8-b)。

クロロフィル含有率と子実重の間には、一定の

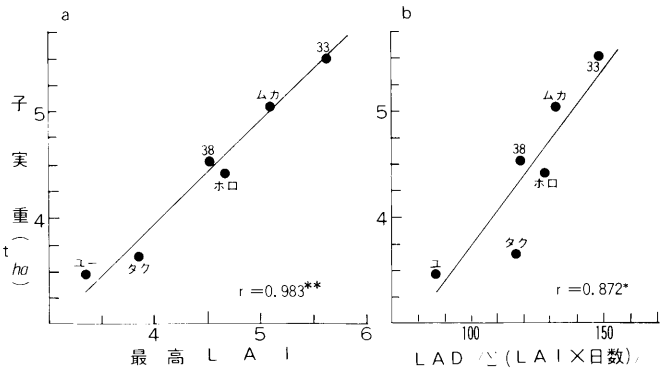


図8. 出穂期前の最高LAI (a)、出穂期以降の葉積 (LAD… b) と子実収量の関係

注) ムカ: ムカコムギ ホロ: ホロシリコムギ 33: 北見33号
38: 北見38号 タク: タクネコムギ ユ: ユーコン

LAD は最低値であった。

成熟期の稈長は、ムカコムギが103 cm で最も長く、以下、北見33号>ホロシリコムギ>ユーコ

表1. 播種後303日目の第1、第2葉のクロロフィル含有率、および葉の長さ、幅、および比葉面積 (SLA)

品種	項目 葉位	クロロフィル (%)		葉身長 (cm)		葉幅 (cm)		SLA * $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot 10^{-2}$
		第1	第2	第1	第2	第1	第2	
ムカコムギ		0.78	0.54	20.2	22.0	1.22	1.12	3.03
ホロシリコムギ		0.78	0.48	21.0	22.3	1.38	1.22	2.57
北見33号		0.91	0.68	17.3	18.9	1.26	1.06	3.69
北見38号		0.69	0.43	17.2	20.1	1.42	1.17	2.92
タクネコムギ		0.30	0.16	20.7	21.5	1.27	1.04	2.34
ユーコン		0.80	0.36	16.7	19.1	1.08	0.93	2.83

* 緑葉全体の値で播種後271日目に測定

関係がなかったが、最高収量であった北見33号は、高いクロロフィル含有率を示し、ムカコムギも登熟の後半には、これにつぐ高い値であった(表1)。

北見33号の葉身長は短く、葉幅は狭くて稈に対して直立しており、SLA が最高値であった。一方、ホロシリコムギ、タクネコムギの葉身の形態は、北見33号と反対の特性を有し、稈に対して鈍角的になびく傾向を示した。ユーコンの葉身の形態は、北見33号に以ているが、子実重、LAI、

ン>北見38号>タクネコムギ (83 cm) であり、稈長の長いものほど子実重の大きい場合が多かった(図9-a)。穂数、1粒重、1穂粒数と子実重の間には、一定の関係が認められなかったが、HI の高い系統ほど高収であった(図9-b)。また、

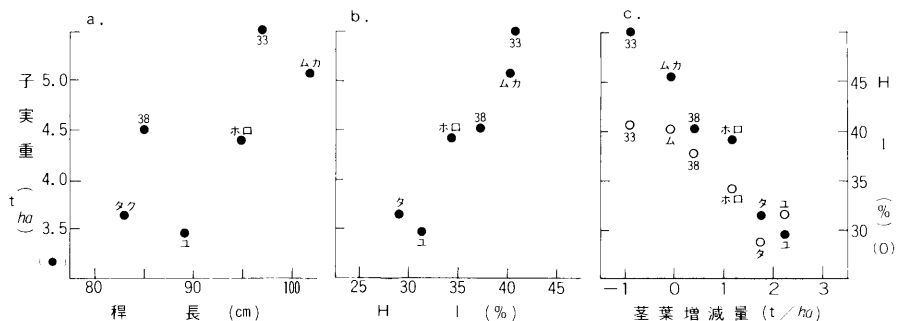


図9. 稈長 (a)、収穫指数 (b)、出穂揃期以降茎葉増減量 (c) と子実収量の関係

注) ムカ: ムカコムギ、ホロ: ホロシリコムギ、33: 北見33号、38: 北見38号、タク: タクネコムギ、ユ: ユーコン

出穂揃期から成熟期までの茎葉重増加量は、子実重のみならず、HIと密接な負の関係を示した(図9-c)。

b) 出穂揃期前後に測定したLAIは、1977年、1979年ではいずれも5以下で、1978年には3～8の大幅な変動を示した。(図10-a)。成熟期の全乾物重は、出穂揃期のLAIの増加で上昇し、LAI 6以上ではほとんど変動しなかった(図10-a)。一方、子実重は、LAI 6以下では年次にかかわらず、LAIの高いものほど高収であったが、6以上になると、倒伏区のデータは除外してあるにもかかわらず

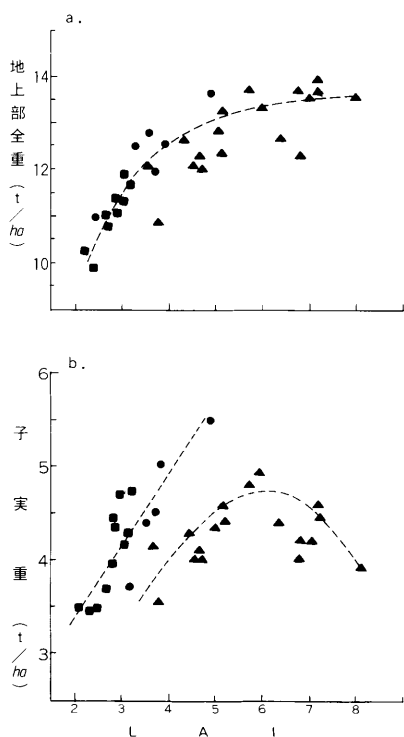


図10. 出穂揃期のLAIと地上部全乾物重(a)

および子実収量(b)との関係

注) ● 1977年 ▲ 1978年 ■ 1979年

らず、低下する傾向を示した(図10-b)。

出穂揃期の地上部乾物重は、4～10 t/haの範囲に亘ったが、子実重との間には一定の関係を示さなかった。ただし、約8 t/haをこえると倒伏のため子実重が低下する場合も認められた(図11-a)。出穂揃期以降の乾物増加量と子実重の間には、正の相関があり、ユーコンを除けば、両者の関係はより密接であった(図11-b)。

粒数と粒重の間には負の相関があり、3～5 t/haの等収量線間にはほぼ均等に分布した(図12)。ただし、年次別にみると、1977年や1979年のように相関が認められない年もあった。

2-2-4 品種・育成系統間の登熟期間における穂、葉、茎の生育特性の比較

実験方法

1982年9月15日、奨励年次の比較的新しい3品種(「ムカコムギ」、「ホロシリコムギ」、「チホクコムギ」)と最近の3育成系統[「北見49号」、「北見52号」、「北系1054」]を標準栽培法で播種し、

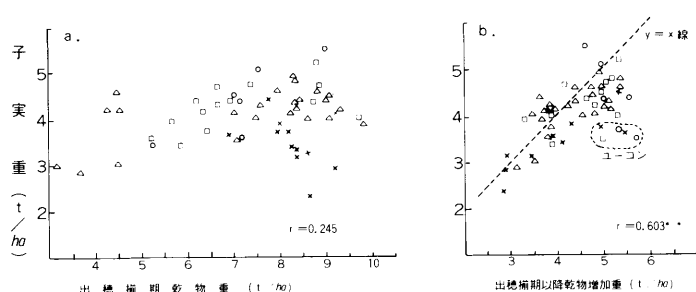


図11. 生育時期別の地上部乾物重と子実重との関係

注) ○ 1977年 △ 1978年 □ 1979年 ◇ 1980年 × 1981年 (倒伏50%以上)

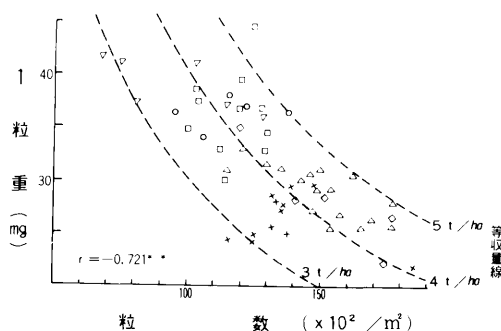


図12. 単位面積当り粒数と粒重の関係

注) ○ 1977 △ 1978 □ 1979 ◇ 1980 × 1978 (倒伏50%)

起生期に40 kg N/ha(硫安)を表面施与した。出穂揃期から成熟期まで経時的に部位別乾物重、窒素吸収量、全糖含有率を求めるとともに、平均的な100穂を採取し、その乾物重を測定した。

さらに、出穂揃期には、各試験区の1畦(畦長3 m)を剪葉、他の1畦を穂切除し、おのおの剪葉重、切除穂重を測定しておき成熟期に無処理区、剪葉区、穂切除区の生育、収量調査を行った。

実験結果

本試験の収穫年(1983年)は、生育期間中低温で推移し、子実重はチホクコムギ(5.13 t/ha) > ムカコムギ=北見52号>北系1054>北見49号>ホロシリコムギ(4.00 t/ha)の順であった。

茎葉重は開花期以降もある一定期間増加したが、増加期間はホロシリコムギ、ムカコムギで長く、

チホクコムギ、北系1054で短く、開花期から最大茎重を示す時期までの茎重増加は、ホロシリコムギ>北見49号>北系1054>北見52号>ムカコムギ>チホクコムギの順であった(図13)。なお、この期間の茎重増加量と子実重は負の相関を示した(図14)。

茎部の全糖含有率は、いずれの系統でも開花後

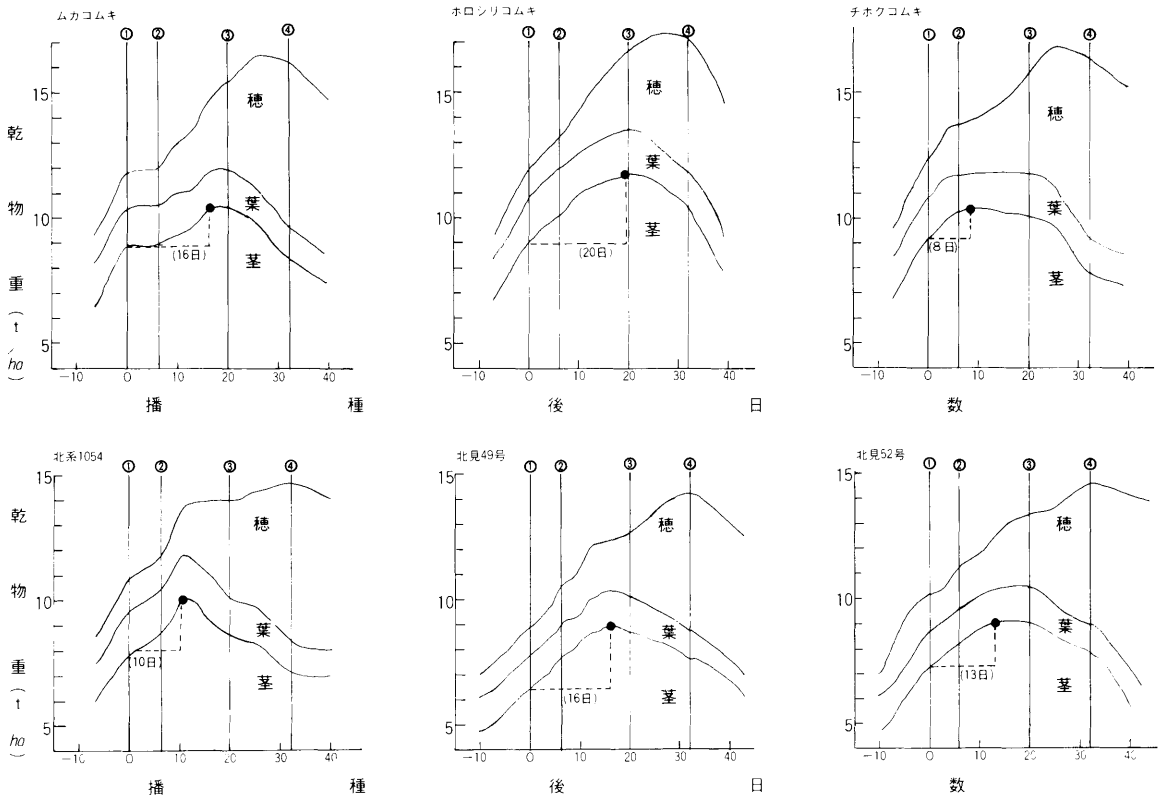


図13. 各品種・系統における出穂揃期以降の部位別乾物重の推移

注) 1. 1 開花後0日線 2 開花後6日線 3 開花後20日線 4 開花後32日線 ● 最高茎重
2. () は開花期から最大茎重に達するまでの日数

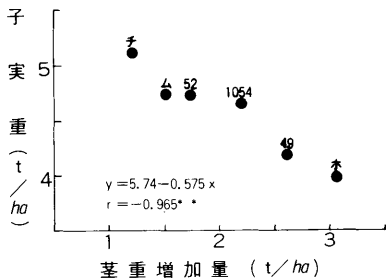


図14. 開花期以降の茎重増加量(最大茎重—開花期茎重)と子実収量の関係

注) ム: ムカコムギ ホ: ホロシリコムギ チ: チホクコムギ
49: 北見49号 52: 北見52号 1054: 北系1054

20日間はゆるやかに上昇し、それ以降、急低下した(図15)。ただし、低収であったホロシリコムギ、北見49号は、常に高含有率で20日目以降の低下が小さいのに対して、高収であったチホクコムギは、それらより低含有率で、とくに20日目以降の低下が著しく、ムカコムギでもほぼ同様な傾向が認められた。

穂重は、開花期以降の6日間にほとんど変化がなく(以後、lag periodと呼ぶ)、それ以降増加し始め、開花後20日目から増加速度がさらに大き

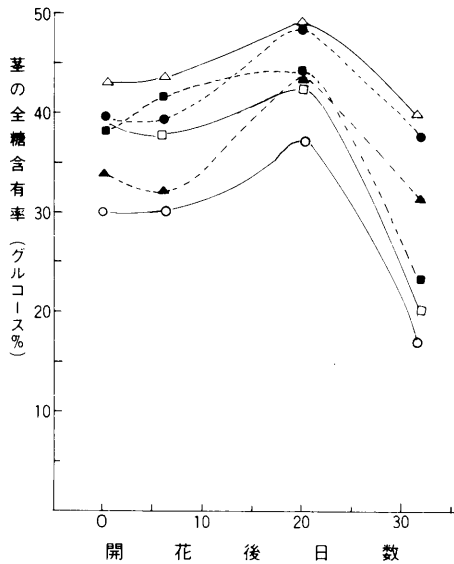


図15. 開花後における茎の全糖含有率の推移とその品種間差

注) ○—ムカコムギ △—ホロシリコムギ □—チホクコムギ
●—北見49号 ▲—北見52号 ■—北系1054

くなり、32日目まで急激に増加した(図16)。その後、北見52号を除いた系統では、成熟期に至るまでやや減少するか、横ばいの状態であった。

穂の窒素含有率は、いずれの系統でも開花期以降一時的に低下し、その後上昇し始めるが、穂重の増加がほとんど認められなくなる32日目以降の上昇が著しかった(図17)。また、北見52号は20日目以降の窒素含有率が低く経過した。一方、開花後32日目の上位葉と茎の窒素含有率は、それ以降も穂重が増加した北見52号で最も高く、続いて穂重に変化が認められなかった北見49号で高かった。(表2)。

表2. 開花後32日目の部位別窒素含有率の品種・系統間差(%)

品種	部位	穂	茎	葉			
				第1	第2	第3	第4
ムカコムギ		1.50	0.38	0.78	0.70	0.60	0.78
ホロシリコムギ		1.42	0.29	0.81	0.67	0.65	0.65
チホクコムギ		1.46	0.28	0.70	0.73	0.61	0.79
北見49号		1.44	0.36	1.39	0.73	0.61	1.14
北見52号		1.37	0.41	1.68	1.07	0.73	0.73
北系1054		1.47	0.30	0.93	0.64	0.61	0.74

穂重増加曲線の前記の lag period を詳細に検討するため、北見49号、北見52号、およびホロシリ

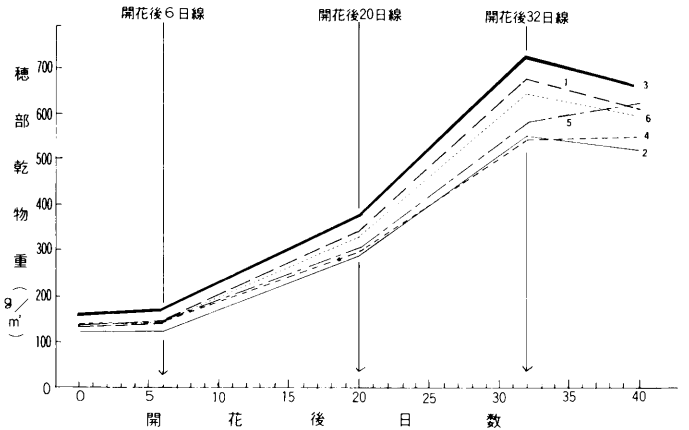


図16. 開花後の穂重の増加曲線と品種間差

注) 1 — ムカコムギ 2 — ホロシリコムギ 3 — チホクコムギ
4 — 北見49号 5 — 北見52号 6 — 北系1054

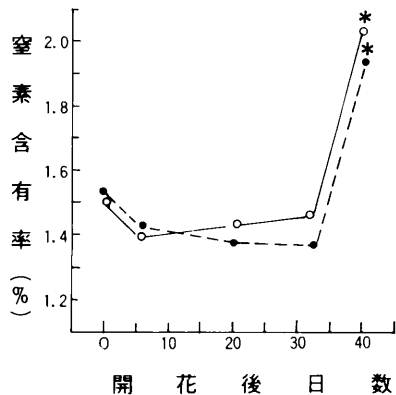


図17. 開花後の穂部窒素含有率の推移

○—6品種・系統平均 ●—北見52号
* 子実の窒素含有率

コムギ、チホクコムギの百穂重の経時的変化を調査した。

開花期が共に早い北見49号と北見52号を比較すると、開花期以降に共に一時的な百穂重の低下が生じ、その後ふたたび増加するが、開花期の穂重レベルに回復する期間は、北見49号で北見52号より短かった(図18-a)。この相違には、開花期以降の稈の伸長期間が関係していた。開花期が共に遅いチホクコムギとホロシリコムギについても、一時的な百穂重の低下があったが、前2系統にくらべると、低下率は小さく、回復も早かったが、詳細にみると、ホロシリコムギでチホクコ

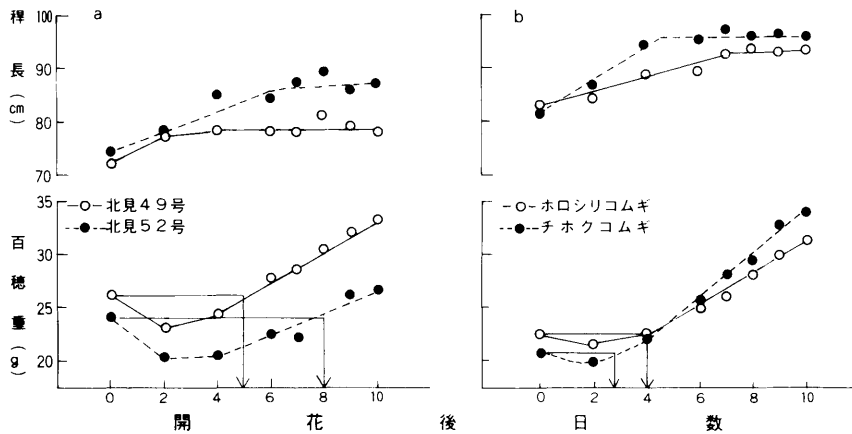


図18. 開花期の早い品種 (a) と遅い品種 (b) における百穂重と稈長の推移

ムギよりやや遅く、やはり稈の伸長期間の長短に対応した (図18-b)。

(図19-b)。なお、剪葉の影響は粒数より粒重に大きく表われた。

開花後6～20日目、20～32日目、6～32日目の

穂切除の全乾物重に対する影響は、剪葉処理の

表3. 開花以降の全地上部、穂部生長速度の品種・系統間比較 $g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$

品種	項目 ***期間	CGR *	E	G	R **	EGR (6~20) CGR (6~25)
		6~25	6~32	6~20	20~32	
ムカコムギ		23.2	19.3	13.8	25.6	0.59
ホロシリコムギ		21.4	15.9	11.8	20.1	0.55
チホクコムギ		14.1	20.1	14.4	26.6	1.02
北見49号		15.7	14.8	11.1	22.0	0.71
北見52号		12.1	15.2	11.3	23.6	0.93
北系1054		11.1	18.1	13.3	26.0	1.19

* 全地上部 ** 穂部 *** 開花後日数

穂の乾物生産速度 (Ear Growth Rate, 以後, EGR と呼ぶ) および6～25日目までのCGRは、穂重あるいは地上部乾物重を開花後の日数で割って算出した (表3)。

いずれの系統でもEGRは、6～20日目と20～32日目より低く、チホクコムギと北系1054を除くと、6～25日目のCGRより低かった。また、20～32日目のEGRは、チホクコムギ、ムカコムギ、北系1054などの高収の系統で高く、低収のホロシリコムギ、北見49号で低く、6～32日目のEGRでも同様な傾向が認められた。

出穂揃期の剪葉処理は、成熟期の部位別乾物重、とくに子実重を減少させた (図19-a)。子実重の減少率は、北見52号>北系1054=ムカコムギ>ホロシリコムギ>チホクコムギ>北見49号で、この順序は粒数の減少率とよく対応した関係にあった

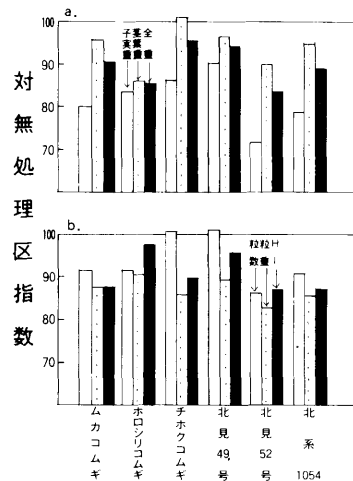


図19. 出穂揃期の剪葉処理が乾物収量 (a) および収量構成要素 (b) に対する影響の品種間・系統間差 (剪葉重も含めて算出した)

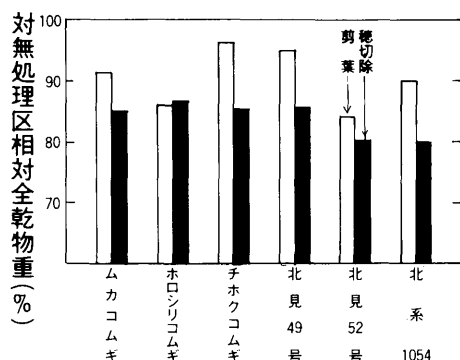


図20. 出穂揃期の剪葉、穂切除が地上部全乾物重に対する影響の品種・系統間差 (剪葉重、切除穂重も含めて算出)

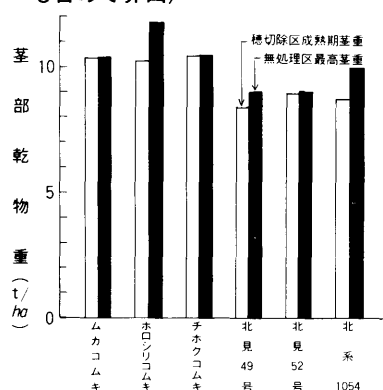


図21. 出穂揃期の穂切除が成熟期の茎重に及ぼす影響の品種・系統間差

影響より大きかったが、ホロシリコムギでは両処理間にほとんど差がなかった (図20)。穂切除区の茎重と無処理区の最高茎重とは、一部に例外があるものの、ほぼ一致した (図21)。

2-2-5 品種・育成系統間の施与窒素反応性の比較

実験方法

1976年に6つの品種、または育成系統〔「ムカコムギ」、「ホロシリコムギ」、「北見33号」、「北見38号」、「タクネコムギ」、「ユーコン」〕に対する窒素施与量試験を標準耕種法で行った。播種時の作条窒素施与量は40, 80, 120, 160 Kg N/haで硫酸を使用した。また、各区には140 Kg P₂O₅/ha (過石、熔燐半量づつ)、90 Kg K₂O/ha (硫酸) となるよう同時に作条施与した。

実験結果

北見33号が160 Kg N/haで120 Kg/haよりやや

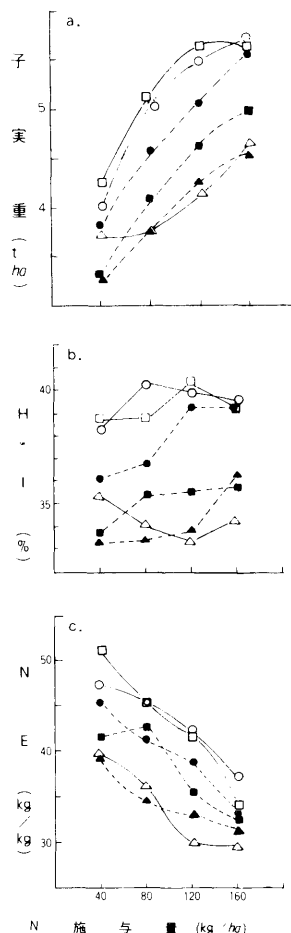


図22. 窒素施与量と子実収量(a)、HI(b)、NE(c)との関係

—○—ムカコムギ —△—ホロシリコムギ —□—北見33号
—●—北見38号 —▲—タクネコムギ —■—ユーコン
*倒伏30%以上

減収することを除いて、いずれの系統も窒素施与量の増加とともに増収した (図22-a)。

ムカコムギと北見33号は、高窒素施与水準で倒伏が発生したにもかかわらず、他の系統より常に高収で、北見38号、ユーコンがそれに続き、ホロシリコムギ、タクネコムギは全ての窒素施与量で低収であった。とくに、ホロシリコムギでは窒素施与量の増加に伴う増収率が最低であった。

HIが窒素増施で低下した品種は、ホロシリコムギのみで、その他の系統ではむしろ上昇した (図22-b)。そのため、全乾物重と子実重の間には

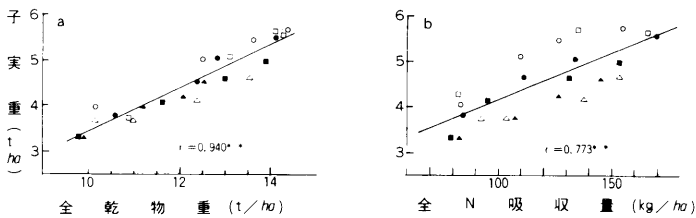


図23. 成熟期の全乾物重(a)、全窒素吸収量(b)と子実収量の関係

注) ○ムカコムギ △ホロシリコムギ □北見33号 ●北見38号 ▲タクネコムギ
■タクネコムギ ■ユークン

正の相関が認められた(図23-a)。

また、全窒素吸収量と子実重の間にも正の相関が認められた(図23-b)。

NEは、いずれの系統でも窒素施与増に伴い低下した(図22-c)。NEは窒素施与量にかかわらず北見33号、ムカコムギで高く、北見38号、ユークンで中間値、タクネコムギ、ホロシリコムギで低く、子実重の高低とよく対応した。

窒素施与量の増加に伴う各形質の変動指数を6系統の平均値で求めたところ、増加が大きかったのは止葉の葉面積指数(FLAI)と窒素吸収量であり、続いて粒数、穂数、子実重、全重が同一グループを形成し、以下、子実窒素含有率≧止葉長>止葉幅>登熟日数>稈長≧穂長で、HIと1穂粒数は窒素施与の影響がほとんどなく、1粒重はむしろ低下した(図24)。

粒数と子実重の増加指数を系統別に比較すると、北見38号とタクネコムギを除いた系統では、子実重より粒数の指数が常に大きかった(図25)。

2-3 論議

1927年から1981年の54年間に亘る奨励品種の形質の推移をみると、新品種ほど短稈で、最近のsemidwarfに分類される「ホロシリコムギ」と「チホクコムギ」ではほとんど差がない。古い品種である「赤錆不知1号」や「ホクエイ」はtallに分類され、年によっては著しく倒伏し、短稈化が耐倒伏性を向上させた(図1-b)。しかし、上記の古い2品種を除いた育成系統間の比較では、稈長と子実収量の間にも正の関係があり、短稈が必ずしも子実収量を高めない(図9-a)。また、極端に短稈の「北見44号」は、かえって低収で、耐

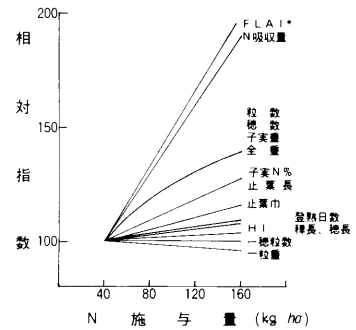


図24. 窒素施与量が各形質に与える影響の6品種・系統の平均値

*止葉の葉面積で計算値(葉長×葉幅×0.8)

: Volding, H. Detal (1967): Can. J. Plant Sci. 47: 359~365

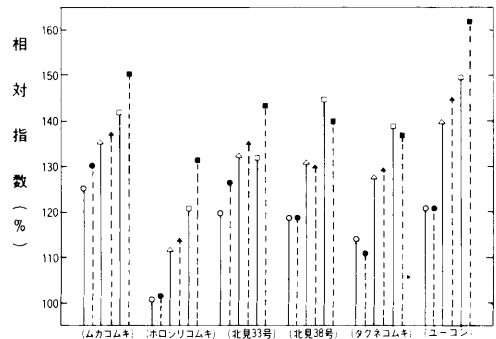


図25. 40kg N/ha区に対する子実収量と単位面積当り粒数の相対指数

○ 80kg N/ha・子実重
△ 120 ~ ~
□ 160 ~ ~
● 80kg N/ha・粒数
▲ 120 ~ ~
■ 160 ~ ~

倒伏性を志向するあまり矮性化しすぎると減収する危険性がある(図5-b)。

出穂揃期のLAIは、「赤錆不知1号」から「ムカコムギ」までは減少の傾向をたどり、「ホロシリコムギ」で再び増加し、新品種のLAIはそれほど高まっていない(図1-a)。一方、LAIの葉位別構成割合および葉位別窒素含有量割合は、新品種ほど上位葉の割合が高くなっている。また、上位葉についてみると、葉身長は「赤錆不知1号」から「ホロシリコムギ」までは大きくなっており、葉幅も同様の傾向を示し、新品種は上位葉の葉面積が増加し、より多くの窒素が上位葉に集積するとみることができる(図1-a, 図2)。

これらの品種の後続育成系統についても止葉の葉面積が大きく、登熟期間における光合成が上位

葉に依存している可能性を示している(図5-a)。

開花期以後の莖重の変化についてみると、「赤錆不知1号」では、莖重は成熟期まで増加し続けるが、より新しい品種では登熟中期から成熟期にかけて減少し、その減少率は最新の「チホクコムギ」で大きい(図3)。すなわち、旧品種では同化産物が成熟期まで莖に集積し、莖がsinkとして機能するが、新品种では登熟後期になると、莖がsourceとしての機能を発揮すると考えられる。

莖の全糖含有率は、いずれの品種でも出穂揃期から登熟中期にかけて上昇するが、「ホロシリコムギ」までは新品种ほど高含有率で経過し、「チホクコムギ」では「ホロシリコムギ」よりやや低く経過する。そして、その後、莖の全糖含有率は全品種で急激に低下するが、その低下は「赤錆不知1号」で小さく、「チホクコムギ」で大きい(図4)。すなわち、新品种では、登熟中期まで可溶性炭水化物を莖に多量に貯蔵し、これを成熟期に向けて能率良く放出すると言える。

子実収量は、「ホロシリコムギ」を除けば新品种ほど高収であり、短稈となって耐倒伏性が高まったと共に、HI、粒数、葉面積当り粒数が増加したことが高収に結びついたと考えられる(図1-b)。その後の育成系統間では、子実収量にあまり差がなかったが、「北見51号」、「北見52号」などの新系統では、止葉の葉面積と出穂揃期の穂の重量割合が高く、それ以降の莖重の増加が少く、登熟期間の光合成能および子実に対する乾物配分能が高く、窒素増施により増収率も高いと推察される(図5-a・b)。

子実の窒素含有率は、「ホロシリコムギ」を除けば新品种で低く、後続育成系統間には、このような傾向は認められないが、いずれも子実窒素含有率と子実収量の間には負の相関があった(図1-b, 図6-c)。

以上の結果から品種の特性の変遷を要約すると、次のようになる。

- (i) 短稈化によって耐倒伏性が高まった。
- (ii) LAIは余り変化しなかったが、光合成と密接に関係する上位葉の葉面積と形態が改善された。

(iii) 葉面積当り粒数が増大した。

(iv) 登熟期間における莖の炭水化物貯蔵能とその放出能が改善された。

(v) 以上が総合されて、HIが高まり、子実収量が高まった。

古い品種から新しい品種への変遷は以上の如くであるが、北海道における現在の主要品種である「ホロシリコムギ」は、やや特性を異にしており、生産性が比較的低かったので、この点を念頭において以下議論を進める。

出穂揃期から登熟初期にかけて莖葉重は増加し続け、この増加は「ムカコムギ」より「ホロシリコムギ」で大きかった。「ホロシリコムギ」は「ムカコムギ」より成熟期の全乾物重、出穂揃期以降の乾物増加量および窒素吸収量が大きいにもかかわらず、子実収量は低い、このことは、この品種は出穂後に生産された乾物の子実への配分に問題があることを示している(図7)。

HIと子実収量の間には正の相関があった(図1-b, 図6-a, 図9-b)。一方、HIと出穂揃期以後の莖葉重増加量との間には負の相関があった(図6-b, 図9-c)。したがって、出穂揃期以後も莖葉の生育が旺盛な系統ほどHIが低く、低収であると考えられる。すなわち、出穂揃期以降、莖葉と穂との間で何らかの競合があることが示唆される。

莖の乾物重は、開花期からある一定期間、いずれの系統でも増加するが、その期間は収量の高い「チホクコムギ」で短く、低い「ホロシリコムギ」で長い。また、この期間の莖重の増加量は、「チホクコムギ」、「ムカコムギ」で小さく、「ホロシリコムギ」、「北見49号」で大きく、開花以後の莖重の増加量と子実収量との間には負の相関があった(図13, 14)。したがって、開花以後の莖重の増加期間が短く、増加量の小さい系統ほど高収になると考えられる。

穂の乾物重は、開花後のある一定期間増加せず、むしろ一時的に減少し、lag periodが存在する。一時減少後、開花期の穂重に回復するまでの期間は、開花後の稈の伸長期間の長短に支配され、その期間の長い系統ほど回復時間も長かった(図16,

図18)。すなわち、lag period では稈の伸長に大量の同化産物が消費され、穂に供給される同化産物が少く、呼吸による損失が供給量を上まわるものと推定された。

Lag period 以後、穂重は増加し始めるが、穂の乾物生産速度 (EGR) は、開花後20日目を変換点として、それ以前でそれ以後より小さかった。20日目以前の EGR は、「チホクコムギ」と「北系1054」を除いて、開花後25日目までの CGR より小さく、この期間の茎の重量および全糖含有率は増加し、穂より茎の生育に同化産物が相対的に多く消費されている (図16, 表3, 図13, 図15-a)。

一方、茎の重量と全糖含有率が減少し始める20日目以降の EGR は、いずれの系統でも大きい値で、この期間は同化産物の分配が主として穂に集中する (図13, 図15-a, 表3, 図16)。

32日目以降は、穂重はあまり増加せず、むしろ減少する系統もあった。なお、この時期には、子実における窒素の集積が著しく、炭水化物をエネルギー基質として活発に蛋白合成が行われている (図16, 図17)。

EGR は高収の「チホクコムギ」、「ムカコムギ」で大きく、それより低収の「ホロシリコムギ」「北見49号」で小さく、開花後20日目以降の茎の全糖含有率の低下は、前2系統で大きく、後2系統で小さかった。すなわち、EGR が高く、登熟後期の茎の全糖含有率低下が大きい系統は高収であると考えられる。ただし、「北見52号」の EGR はそれほど高くなかったが、子実収量は「ムカコムギ」と同程度であった。これは、「北見52号」の穂重が開花後32日目以降も増加したことに帰因する。すなわち、「北見52号」は開花後32日目の上位葉や茎の窒素含有率が高く、それ以降の乾物生産が旺盛で、成熟期近くまで炭水化物を子実に供給する能力が維持され、そのため比較的高収であると推察される (図16, 表3) なお、この系統の穂の窒素含有率は、他の系統より低く、このことも上記の一要因と考えられる (図17)。

出穂揃期に剪葉処理すると、子実重、茎葉重ともに減少するが、減少率は茎葉重で小さい (図19-a)。また、無処理区の最高茎重は穂切除区の

茎重とほぼ一致した (図21)。以上の結果は、通常の状態では登熟前期の茎の生育が穂の生育に優先しており、sink としての穂の有無にかかわらず、茎の生育は確保されることを示唆する。すなわち、登熟期間の同化産物は、まず茎の生育に消費され、茎の生育が十分に確保された後、穂に供給されると推察できる。そして、開花後の茎の生育は、遺伝的特性に支配され、それに要する同化産物量は系統間で異なり、EGR や子実収量にも大きな影響を与えるのである。

粒数と粒重との間には負の関係があった (図1-b, 図12)。このことは粒数が増加すると、個々の子実に対する登熟期間における同化産物の供給が不足し勝ちであることを示す。また、出穂揃期に剪葉処理すると、粒数より粒重の減少が著しい。さらに、子実収量と登熟期間中の乾物生産量との間には、正の相関が認められ、これらのことから、登熟期間の乾物生産を旺盛にすることが増収に結びつくと考えられる (図19-b, 図11-b)。

子実収量は出穂前の最高 LAI, および登熟期間の LAD との間に正の相関を示した (図8-a・b)。すなわち、生産性を高めるには、登熟期間の葉面積を大きく、長く維持する必要があることを示す。

一方、高収の「北見33号」は直立葉で、葉のクロロフィル含有率も高く、低収の「ホロシリコムギ」、「タクネコムギ」は「北見33号」と逆の特徴を持つ (表1)。このことから受光態勢や単葉光合成能も生産性に関与することを示している。

出穂揃期の LAI が6以上になると、LAIの上昇で全乾物重は増加せず、HIは低下することもあり、増収効果がなく、むしろ減収する場合もあった (図10-a・b)。また、近年育成された系統間では、粒数と粒重の間に負の関係が存在しない年次もあり、さらに最新の「チホクコムギ」は、粒数が多い割に粒重が比較的大きくなる年次もあり、同化産物の供給が収量の制限要因であるとは考えにくい場合もあった (図12)。

以上の結果を総合すると、現在の北海道における秋播小麦品種の生産性は、source 能に支配される場合が多いが、source 能と sink 能の相対的

関係は極めて複雑で、品種や環境条件が異なれば、それらの相対的重要性が変動すると考えられる。さらに、両者の相対的重要性は、登熟時期別に検討する必要がある。穂と茎の生育が競合する登熟前期では、LAIは高く維持されている場合が多く、source 能が問題になる場合は少いと考えられる。一方、登熟後期では子実の生長が旺盛である反面、葉の機能は減退し勝ちであり、他の緑色器管を含めた source 能と同化産物の転流効率が問題になる。

窒素施与量の増加に伴い、窒素吸収量が増加し、全乾物重が増加し、HI も若干上昇して、子実収量は増加する（図22-a・b，図23）。なお、この場合、止葉の葉面積、登熟日数、穂数、粒数なども高めた（図24）。したがって、窒素増施によって、source 能と sink 能が同時に高まり、増収するのである。

窒素増施により子実収量と粒数はほぼ同じ割合で増加したが、「ムカコムギ」「ホロシリコムギ」、「北見33号」、「ユーコン」では粒数の増加率が子

実収量のそれより高く、粒数の増加に対して同化産物の供給が不足した。一方、「北見38号」、「タクネコムギ」では、粒数に比べて子実収量の増加率が高く、多量窒素施与下では同化産物の供給力に対して粒数が不足していたと考えられる（図25）。

上記の問題点を配慮した上で、現在広く栽培されている「ホロシリコムギ」の特性は、次のようにまとめられる。

この品種は登熟前期における茎の生育が旺盛で、穂の生育と競合し、同化産物の子実への配分が高収系統より劣るため、HI は低くなる。さらに、葉の形態が非直立葉で、この特性が窒素増施で高められた粒数に対して同化産物供給力が不足する一因である。そのため、窒素の施与反応性が高収系統よりぶく、NE も劣る特性を有している（図22）。しかし、この品種は短強稈化され、耐倒伏性が著しく向上したため、秋播小麦の栽培面積の増加と安定生産に大きく貢献し、前記の特性が改善されれば収量は飛躍的に向上すると考えられる。