

学 位 論 文 題 名

醸造用低蛋白二条オオムギの育成に関する育種学的研究

学位論文内容の要旨

ビール醸造用のオオムギは、製麦・仕込・発酵の過程で必要な酵素、澱粉、蛋白質をバランス良く保持するものが望ましい。原料オオムギの蛋白含有率と麦芽エキスとの間には高い負の相関が認められ、高蛋白のオオムギは麦芽品質の劣ることが知られている。本論文では、わが国の栽培二条オオムギ品種における蛋白含有率と麦芽諸形質との関係及び蛋白含有率の品種間差を明らかにした。つぎに、六条オオムギの低蛋白品種Karlと醸造用二条オオムギとの交配から低蛋白二条オオムギ系統の大系 HC-15を育成した。また、この系統を材料として、低蛋白オオムギにおける窒素蓄積特性と低蛋白性の遺伝力を明らかにして、醸造用の低蛋白・高品質のオオムギ品種育成を図るための基礎的知見とした。

醸造用オオムギの育種試験において蓄積された11年間のデータを解析した結果、蛋白含有率は麦芽エキスと高い負の相関を有し、麦芽全窒素、可溶性窒素とは高い正の相関を示すこと、並びにコールバツハ数（麦芽全窒素に対する可溶性窒素の割合）、最終発酵度との間にはそれぞれ有意な負の相関が認められ、高蛋白オオムギでは製麦中の窒素化合物の分解や発酵の効率が劣ることを示した。さらに蛋白含有率は年次間でも大きく変動し、出穂期、成熟期が遅い年には高くなりやすいことを明らかにした。栽培条件の比較では、水田栽培が畑栽培よりも低い蛋白含有率となった。品種間差は年次間、栽培条件間の差に比べて小さく、現在栽培されている 6品種

の5年間の平均値の差は1%未満であった。また、新旧両品種の比較でも大きな差は認められなかった。

低蛋白の六条オオムギ品種Karlの窒素蓄積特性を解明するため、出穂後1週間ごとにサンプリングを行い、粒の乾物重と窒素含有率及び葉の窒素含有率とプロテアーゼ活性の経時的变化を栽培品種ミサトゴールドデンと比較した。1日当たりの乾物蓄積量に対する窒素蓄積量の割合(dN/dW)は、両品種とも登熟中期に比べて登熟終期に大きくなり、穀粒の窒素含有率は出穂後25日頃まで低下し、その後上昇するというパターンを示した。

Karlは登熟期間全般を通じてミサトゴールドデンよりも dN/dW が小さかったため、出穂後25日頃までの窒素含有率の低下程度が大きく、その後の上昇程度は小さかった。成熟期のKarlの蛋白含有率は、ミサトゴールドデンに比べて3.1%低かった。葉の窒素含有率は出穂後ほぼ直線的に減少した。止葉と上位第2葉目の窒素含有率の変化を直線回帰式に当てはめるとその傾きは、Karlが-0.075と-0.073、ミサトゴールドデンが-0.089と-0.117で、Karlの減少程度がいずれも小さかった。登熟期間中は栄養器官が窒素転流のソースとなるため、Karlの葉の窒素減少が少ないのは穀粒の dN/dW が小さいことによると考えられた。成熟期のKarlの止葉の窒素含有率は2.17%でミサトゴールドデンより1%以上高かった。葉のプロテアーゼ活性は、登熟初期にはミサトゴールドデンがKarlよりもやや高い傾向にあったが、登熟中期では両品種の間に明確な差は認められず、葉の窒素含有率の減少程度の差をプロテアーゼ活性の差により説明することは困難であった。

Karlの低蛋白性を二条オオムギへ導入するため、Karlを交配材料とした17組合せの三系交雑及び戻し交雑を行い、二条オオムギの低蛋白系統を選抜した。選抜は F_4 と F_5 世代は蛋白含有率により、 F_6 世代以降は蛋白含有率と麦芽品質により行った。1世代当たりの選抜効果は小さかったが、継続選抜の結果、(Karl×野洲二条3号) F_1 ×吉系8の交雑組合せから低

蛋白の二条オオムギ系統である大系HC-15が育成された。大系HC-15の蛋白含有率は、5年間の平均値で栽培品種のミカモゴールドデンより2.4%低く、追肥を行った場合でも栽培品種に比べて1.5~2.7%低い蛋白含有率を示した。大系HC-15の麦芽品質は、麦芽エキス及びエキス収量の高いことが特徴であり、4年間の平均でミカモゴールドデンよりもそれぞれ2.1%、2.3%高かった。麦芽全窒素と可溶性窒素は共に低く、コールバツハ数と最終発酵度はミカモゴールドデンと同程度であったが、ジアスターゼ力はやや低い傾向を示した。大系HC-15はミカモゴールドデンと同程度の熟期、粒大、収量性を示し、Karlに比べて早生、大粒、多収となったほか、オオムギ縞萎縮病抵抗性が付与され、低蛋白の育種中間母本として優れていた。

登熟期間中における大系HC-15の植物体各部位の窒素含有率の変化と種子貯蔵蛋白質の溶媒分画による組成をKarl及び栽培品種のミカモゴールドデンと比較した。大系HC-15の穀粒の窒素含有率は出穂後35日までの減少程度が大きく、その時点ではKarlとほぼ同程度の窒素含有率であった。しかし、出穂後35日以降はミカモゴールドデンと大きく違わない dN/dW を示したため、成熟期にはKarlより窒素含有率が高くなった。Karlは種子貯蔵蛋白質全体に占めるホルデインの割合が特異的に小さかったのに対して、大系HC-15のホルデインの含有率はKarlよりかなり高く、塩可溶性蛋白質、ホルデイン、グルテリンがミカモゴールドデンに比べてほぼ同程度ずつ低いという特徴を示した。ホルデインは登熟終盤期に増加することが知られているため、大系HC-15とKarlのホルデインの差は、登熟終期の窒素蓄積の差に起因していた。登熟の進行に伴う葉身と葉鞘の窒素含有率の低下程度はミカモゴールドデンが最も大きく、次いで大系HC-15、Karlの順であった。Karlが持つ成熟期の葉の窒素含有率が高い特徴は、大系HC-15には見られなかった。これは両者の登熟終期の dN/dW の差に関連する可能性が示唆され、二条オオムギの低蛋白化を図るためには、葉の窒素含有率に着目した

選抜を考慮する必要がある。

大系 HC-15 を片親に用いた交雑の 3 組合せからの F_4 系統について、蛋白含有率の分布を調べ、通常の二条オオムギ同士の交雑組合せの場合と比較した。この 3 組合せからの F_4 系統における頻度分布はいずれも単頂分布を示し、蛋白含有率がポリジーンによって支配されていた。

大系 HC-15 を片親にした交雑組合せでは他の組合せに比べて蛋白含有率の平均値が 1～2% 低かった。また、遺伝率も他の組合せが 12～34% であったのに対して 65～66% と高かった。これらのことから、大系 HC-15 は低蛋白品種育成のための中間母本として有効に利用できる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 木 下 俊 郎

副 査 教 授 中世古 公 男

副 査 教 授 三 上 哲 夫

学 位 論 文 題 名

醸造用低蛋白二条オオムギの育成に関する育種学的研究

ビール醸造用のオオムギは、製麦・仕込・発酵の過程で必要な酵素、澱粉、蛋白質をバランス良く保持することが望ましい。原料オオムギの蛋白含有率と麦芽エキスとの間には高い負の相関があり、わが国では低蛋白の二条オオムギ品種を育成することが重要な育種目標となっている。

本研究ではわが国のオオムギ品種における蛋白含有率と麦芽諸形質との関係及び蛋白含有率の品種間差を明らかにするとともに、六条オオムギの低蛋白品種を用いて低蛋白二条オオムギ系統を育成した。また、低蛋白オオムギにおける窒素蓄積特性や低蛋白性の遺伝を明らかにして、醸造用の二条オオムギ品種の育成を図るための基礎的知見とした。

本論文は9章より成り、99頁で表20と図9を含む。主な内容は下記の如く要約される。

1. 二条オオムギの麦芽品質

醸造用オオムギの育種試験において蓄積された11年間のデータを解析した結果、蛋白含有率は麦芽エキスと高い負の相関を有し、麦芽全窒素、可溶性窒素とは高い正の相関を示すこと、並びにコールバツハ数（麦芽全窒素に対する可溶性窒素の割合）、最終発酵度との間にはそれぞれ有意な負

の相関が認められること、高蛋白オオムギでは製麦中の窒素化合物の分解や発酵の効率が劣ることなどを明らかにした。また、蛋白含有率の品種間差は年次変動よりも小さいことがわかった。

2. 低蛋白品種の窒素蓄積

六条オオムギ品種 Karl の窒素蓄積特性を二条オオムギ品種のミサトゴールデンと比較したところ、1日当たりの乾物蓄積量に対する窒素蓄積量の割合 (dN/dW) が、両品種とも登熟中期に大きくなり、穀粒の窒素含有率は出穂後25日頃まで低下し、その後上昇するパターンを示した。

Karl は登熟期間全般を通じてミサトゴールデンよりも dN/dW が小さかったため、出穂後25日頃までの窒素含有率の低下程度が大きく、その後の上昇程度も小さかった。止葉と上位第2葉目の窒素含有率の変化を直線回帰式に当てはめると、Karl の減少程度がいずれも小さかった。

3. 低蛋白二条オオムギ系統の育成

Karl の低蛋白性を二条オオムギへ導入するため、Karl を交配材料に用いた17組合せの三系交雑及び戻し交雑を行い、それらの後代から二条オオムギの低蛋白系統を継続的に選抜した。その結果選ばれた大系 HC-15 の蛋白含有率は、5年間の平均値で従来の二条オオムギ品種のミカモゴールデンより 2.4% 低くなり、追肥を行った場合でも栽培品種に比べて 1.5~2.7% 低い蛋白含有率であった。大系 HC-15 の麦芽品質では、麦芽エキスとエキス収量の高いことが特徴であり、麦芽全窒素と可溶性窒素はともに低く、コールバツハ数と最終発酵度はミカモゴールデンと同程度で、ジアスターゼ力はやや低い傾向を示した。大系 HC-15 は Karl に比べて早生、大粒、多収となったほか、オオムギ縞萎縮病抵抗性が付与されたが、耐倒伏性に難があったので低蛋白の育種中間母本となった。

4. 新育成系統の窒素蓄積特性と低蛋白性の遺伝

大系 HC-15 の穀粒の窒素含有率は出穂後35日までの減少程度が大きく、

その時点ではKarlとほぼ同程度の窒素含有率であった。しかし、成熟期にはKarlより窒素含有率が高くなった。種子貯蔵蛋白質全体に占めるホルデインの含有率では大系 HC-15の含有率がKarlよりもかなり高く、塩可溶性蛋白質、ホルデイン、グルテリンがミカモゴールデンに比べてほぼ同程度ずつ低くなる特徴を示した。

大系HC-15を片親に用いた交雑の3組合せからのF₄系統における蛋白含有率の頻度分布はいずれも単頂型を示し、蛋白含有率はポリジーンによって支配されていた。大系 HC-15を片親に用いた交雑組合せでは他の交雑組合せに比べて蛋白含有率の平均値が1~2%低く、遺伝率も他の交雑組合せが12~34%であったのに対して65~66%と高くなった。これらのことから、大系HC-15は低蛋白品種育成のための優秀な中間母本と言える。

以上の研究成果は低蛋白性を中心としたオオムギの醸造用品種の改良のために有用な知見を提供したのみならず、大系 HC-15という優秀な育種中間母本を育成して今後の二条オオムギの育種へ大きく貢献した。

よって審査委員一同は、別に行った学力認定試験の結果と合わせて、本論文の提出者佐々木昭博は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。