

氏名	いのうえ ともえ 井上知恵
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	甲第341号
学位授与年月日	平成16年 9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Contribution of pre- and post-anthesis assimilates to the grain yield of two wheat cultivars differing in drought resistance (耐乾性の異なるコムギ2品種における子実収量に対する開花前および開花後の同化産物の寄与)
学位論文審査委員	(主査) 稲永 忍 (副査) 中田 昇 小葉田 亨 濱村 邦夫 高橋 肇

学位論文の内容の要旨

コムギ品種、紅芒麦は中国黄土高原南部の天水農業地帯における代表的な在来種であり、耐乾性(drought resistant)の極めて強い品種として知られている。その耐乾性の強さについては、これまでに深播き耐性の強さと密接に関係することが明らかにされているが、収量生産に直接関わる同化産物の生産や蓄積といった面からは未検討である。また一般に、コムギの子実の発達は主に開花前に蓄積された光合成産物の再転流と、開花後の止葉や穂で同化された光合成産物に依存していることが知られている。特に、水ストレス条件下では開花前に蓄積された光合成産物の子実収量に対する寄与が高まると報告されている。しかし、それらの子実収量への寄与程度と耐乾性との関係についてはまだ明らかにされていない。そこで本研究では、水ストレス条件下に生育する紅芒麦における開花前と開花後の光合成産物の生産・蓄積の子実収量に対する相対的な重要性、および止葉や穂などの光合成特性について調べ、それらに基づき紅芒麦の有する耐乾性の機構について考察した。なお、この検討には、降水量が倍近くあるという点を除き、気象条件が黄土高原に比較的似ている北海道において育成されたコムギ品種、ハルヒカリを比較材料として用いた。全ての実験は降雨の影響を避けるためにビニルハウス内で実施し、ビニルハウス内の土壌で直接栽培する圃場実験を3作季およびポットで栽培するポット実験を1作季行った。圃場実験では、収穫期まで灌水により圃場容水量を維持する灌水区と、幼苗期以降は収穫期まで全く灌

水を行わない水ストレス区とを設けた。また、ポット実験では、幼苗期から収穫期まで土壌水分含量を湿潤区では7.0%、水ストレス区では3.5%にそれぞれ維持した。主な結果は以下の通りである。

全ての実験において、水ストレス処理により両品種の子実収量は低下したが、その低下程度は紅芒麦の方がハルヒカリより小さかった。したがって、紅芒麦は耐乾性品種であり、一方、ハルヒカリは乾燥感受性品種であることが本実験でも改めて確認された。また、根の成長を制限しない圃場実験と、それを制限したポット実験のいずれにおいても同様の結果が得られたことから、紅芒麦の耐乾性には根の成長は関係しないことが示された。全実験において、水ストレス処理は両品種の開花および生理的成熟を早めたが、紅芒麦のそれらをハルヒカリに比べて特に早めることはなかった。このことから、紅芒麦の耐乾性は避乾性 (drought escape) に属するものではないと判断された。

圃場実験において、水ストレス処理により開花前に蓄積された光合成産物の子実への再転流量およびその子実収量に占める割合はいずれも紅芒麦では低下したが、逆にハルヒカリでは増加した。また、水ストレス区において、紅芒麦は開花後も乾物重を増加させたのに対して、ハルヒカリはほとんど乾物重を増加させなかった。これらのことから、水ストレス条件下での子実収量は、耐乾性品種の紅芒麦では開花後の光合成産物の転流に、一方、乾燥感受性品種のハルヒカリでは開花前に蓄積された光合成産物の再転流に、それぞれ主に依存していることが分かった。

水ストレス処理により、止葉の次の葉の葉面積およびその開花後の純光合成速度 (単位葉面積当たり) は両品種で低下したが、いずれもその程度には品種間差異は認められなかった。このことから、止葉の次の葉の純光合成速度 (葉当たり) は紅芒麦の耐乾性に関係していないことが明らかとなった。一方、水ストレス処理により、止葉の葉面積の低下は紅芒麦の方が大きかったが、その開花後の純光合成速度 (単位面積当たり) は紅芒麦ではほとんど低下しなかったのに対し、ハルヒカリではゼロ近くにまで低下した。このことから、止葉の純光合成速度 (葉当たり) は紅芒麦の方がハルヒカリよりも高いことが明らかとなった。また、穂の表面積は水ストレス処理により両品種とも同様に低下した。しかし、開花後の穂の純光合成速度 (単位面積当たり) は、水ストレス処理により紅芒麦ではほとんど低下しなかったのに対し、ハルヒカリでは大きく低下した。したがって、穂の純光合成速度 (穂当たり) は紅芒麦の方がハルヒカリよりも高いことが示された。これらのことから、紅芒麦の耐乾性には、開花後の止葉と穂の純光合成速度 (単位面積当たり) の高さが関係していることが明らかとなった。止葉において、水ストレス処理は光合成速度を規定する要因の一つである気孔コンダクタンスを低下させたが、その程度には品種間差異は認められなかった。一方、水ストレス処理により止葉の葉内 CO_2 濃度は紅芒麦では低下したが、ハルヒカリでは増加した。このことから、もう一つの光合成規定要因である葉緑体の CO_2 固定活性は、紅芒麦がハルヒカリよりも水ストレス条件下では高いことが示された。加えて、止葉の水ポテンシャルと浸透調節に関しては、水ストレス処理に対する反応に品種間差異は認められなかった。したがって、耐乾性品種の紅芒麦は、水ストレスにより葉の水ポテンシャルが低下しても葉緑体の CO_2 固定活性を高く維持することで、止葉の純光合成速度 (単位面積当たり) の低下を

抑えたことが明らかとなった。これは紅芒麦の耐乾性が耐乾燥性 (dehydration tolerance) に属することを示している。なお、穂については光合成を規定する要因まで解析を行うことができなかった。

以上、本研究により、紅芒麦の高い耐乾性は、根系の拡大や深根化を通じた吸水の維持ではなく、水ストレス条件下においても葉緑体の CO_2 固定活性を維持することで止葉や穂の純光合成速度を高く保ち、その結果、開花後の光合成産物の生産を活発に営めることに起因することが明らかとなった。この点は、水ストレス条件下に生育するコムギでは、開花前に蓄積された光合成産物の子実収量への寄与程度が高いという既往の報告と大きく異なる。今後の研究では、葉緑体の CO_2 固定活性に関わる光化学系 2 やリブプロース-1, 5-ニリン酸 (RuBP) カルボキシラーゼの活性、および RuBP 再生能力などと耐乾性との関係について究明する必要がある。また、本研究の結果から、天水農業地帯のコムギ育種にあたっては、止葉の葉緑体の CO_2 固定活性に着目することが重要といえる。

論文審査の結果の要旨

中国黄土高原南部の天水農業地帯で栽培される在来コムギ品種の紅芒麦は、耐乾性の極めて強い品種として知られている。その耐乾性の強さについては、これまでに深播き耐性や葉の表面構造などと密接に関連することが指摘されているが、子実収量に直接関わる同化産物の生産や蓄積といった面からはまだ未検討である。他のコムギ品種を用いた既往の報告では、水ストレスを受けると、子実収量に対する開花前に茎に蓄積された光合成産物の寄与が高まると指摘されている。しかし、それらの報告で用いられている品種の多くが乾燥感受性品種であることから、この指摘が耐乾性品種にも当てはまるかは不明である。

本研究はその点を究明するため、水ストレス条件下に生育する紅芒麦の子実収量に対する開花前と開花後の光合成産物の生産・蓄積量の相対的な重要性、および止葉や穂などの光合成特性について調べ、その結果に基づき紅芒麦の耐乾性機構について考察したものである。なお、この検討には、降水量が倍近くあるという点を除き、気象条件が黄土高原に比較的似ている北海道で育成されたコムギ品種、ハルヒカリを比較材料として用いている。主要な結果は以下の通りである。

1. 3回実施した、全ての圃場実験において、水ストレス処理による子実収量の低下程度は紅芒麦がハルヒカリより小さかった。このことから、改めて、紅芒麦が耐乾性品種、ハルヒカリが乾燥感受性品種であることが確認された。また、根の成長を制限したポット実験においても同じ結果が得られたことから、紅芒麦の耐乾性には根の成長が関与しないことが判明した。全ての実験において、水ストレス処理は両品種の開花および生理的成熟を早めたが、それらには品種間差は認められなかった。このため、紅芒麦の耐乾性は避旱性 (drought escape) に属するものではないと判断された。

2. 圃場実験において、水ストレス処理により、開花前に蓄積された光合成産物の子実への再転流量および子実収量に占める割合は、紅芒麦ではいずれも低下したが、ハルヒカリでは逆に増加

した。また、開花後の乾物重は紅芒麦では増加したが、ハルヒカリではほとんど増加しなかった。すなわち、既往の報告と同じく、乾燥感受性品種のハルヒカリは、水ストレス処理により開花前に蓄積された光合成産物の子実収量に対する寄与を高める反応を示した。しかし、耐乾性品種の紅芒麦では、それとは異なり、水ストレス処理により開花後の光合成産物の子実収量に対する寄与を高めることが判明した。

3. 水ストレス処理により、止葉の葉面積は紅芒麦のほうがハルヒカリより大きく減少させた。開花後における止葉の純光合成速度（単位面積当たり）は、紅芒麦ではほとんど低下しなかったが、ハルヒカリではゼロ近くにまで低下した。これらの値から算出した、止葉当たりの純光合成速度は紅芒麦のほうがハルヒカリより高かった。また、水ストレス処理により、穂の表面積は両品種とも同様に低下した。穂の純光合成速度（単位面積当たり）は、紅芒麦では全く低下しなかったが、ハルヒカリでは大きく低下した。これらの値から算出した、穂当たりの純光合成速度は紅芒麦のほうがハルヒカリより高かった。以上の結果、紅芒麦の耐乾性には、開花後の止葉と穂の純光合成速度の高さが関係していることが明らかとなった。開花後の止葉では、水ストレス処理は光合成速度を規定する要因の一つである気孔コンダクタンスを低下させたが、その程度には品種間差異は認められなかった。一方、水ストレス処理により止葉の葉内 CO_2 濃度は紅芒麦では低下したが、ハルヒカリでは増加した。また、止葉の水ポテンシャルと浸透調節に関しては、水ストレス処理に対する反応に品種間差異は認められなかった。したがって、耐乾性品種の紅芒麦は、水ストレスにより葉の水ポテンシャルが低下しても葉緑体の CO_2 固定活性を高く維持することで、止葉の純光合成速度の低下を抑えることが明らかとなった。これらの結果は、紅芒麦の耐乾性が耐乾燥性 (dehydration tolerance) に属することを示している。

以上のように、本研究は、紅芒麦の高い耐乾性が根系の拡大や深根化を通じた吸水の維持によるものではなく、水ストレス条件下においても葉緑体の CO_2 固定活性を維持することで止葉などの純光合成速度を高く保ち、その結果、開花後の光合成産物の生産を活発に営むことによる、ということを示したものである。また、これを踏まえて、天水農業地帯でのコムギ育種に当たっては、止葉の葉緑体の CO_2 固定活性に着目することが重要であると指摘している。こうした成果は、水ストレスに対するコムギの収量反応の生理学的基礎に斬新な知見を加えたものと高く評価され、学位論文として十分な価値を有するものと判断した。