

## 論文の内容の要旨

生産・環境生物学専攻

平成 15 年度博士課程 入学

氏 名 井田 仁

指導教員 東京大学大学院准教授 山岸 徹

論文題目 多収性水稻品種の窒素吸収・分配の特徴と収量形成過程に対する影響の解析

世界のイネ単収の伸びは近年鈍化傾向を示している。イネ収量ポテンシャルは長く停滞を続けており、このことが単収の伸びが鈍化している 1 つの要因となっている。今後拡大が予想されるアジア地域の食糧需要を支えるために、また、日本においては国内の食糧の安定確保とコメの用途拡大に必要な生産性向上のために、イネの収量性を高めることは極めて重要である。近年イネ収量ポテンシャルが停滞している要因を明らかにし、多収化に向けた具体的な道筋を検討する必要がある。そのためには、まず既存する多収性品種の収量制限要因を理解する必要がある。本研究は、多収性品種として日本で最も収量性の高いイネ品種の 1 つであるタカナリを用いて、シンク・ソース器官の窒素利用の特徴と窒素吸収量の増加ともなうシンク・ソース形質の変化を解析し、シンク・ソース間の相互関係から収量の制限要因について検討した。シンク・ソース形質の評価は日本晴を対照として行った。

第 1 章では、出穂期までに吸収された窒素と出穂前に決定されるシンク・ソース形質との関係を解析した。シンク形質として穎果数を、ソース形質として出穂前貯蔵炭水化物を、それぞれ第 1 節、第 2 節で調べた。タカナリは日本晴より穎果数が多く、この要因として出穂期の地上部窒素含量あたりの穎果

生産効率（SPE, Spiklet Production Efficiency）が高いことが確認された。また、複数年にわたる異なる窒素施肥条件下での栽培試験の結果から、SPE の品種間差は環境条件によらず安定して保たれることが示された。しかし、SPE が高いことは、1 穎果あたりの地上部窒素含量が少ないことを意味し、登熟期間のソース能力に対する保障作用—登熟期間に葉身から穂に窒素が転流することによって光合成速度が低下し、穂の炭水化物需要を満たすために必要な同化産物が大きく不足することを防ぐ働き—が小さいことを示している。また、出穂期の非構造的炭水化物（NSC, NonStructural Carbohydrates）含量は、高窒素条件下ではタカナリが日本晴より多い傾向が見られたが、低窒素条件下では日本晴より少ない傾向が見られ、さらに、1 穎果あたりの NSC 含量をみると、タカナリは日本晴より常に少ない傾向があった。つまり、タカナリはシンク形成能力に優れ、日本晴より穎果数が多いものの、出穂後の穎果の登熟に対する準備という点では、タカナリは出穂期までの 1 穎果あたりの窒素蓄積量および NSC 蓄積量がともに日本晴より少ない傾向があり、必ずしも優れるわけではないと考えられた。

第 2 章では、ソース形質として、登熟期間の乾物生産に着目し、この時期の器官別窒素動態との関係を解析した。第 1 節では、登熟期間におけるシンク・ソース器官の窒素動態の特徴を調べた。第 2 節では、出穂期以降に吸収される窒素について、<sup>15</sup>N 標識窒素を用いて各器官への分配を調べ、その役割を評価した。第 3 節では、出穂期窒素追肥を行った場合の器官別窒素動態を調べ、その収量・乾物生産への影響を解析した。タカナリは SPE が高く、出穂期の 1 穎果あたりの窒素蓄積量が少ないことに加えて、登熟期間の窒素吸収量が多い以上に穂の窒素要求量が大きいために葉身から穂への窒素転流量が多く、登熟期間の葉身窒素含量は日本晴より少なかった。<sup>15</sup>N を用いて、登熟期間における葉身の窒素流出入量を調べた結果、両品種とも出穂期以降葉身に流入する窒素量は流出する窒素量に比べて非常に少なく、タカナリの葉身窒素含量の低下が日本晴より大きい要因は、流入量よりも流出量の違いによることが示された。出穂期窒素追肥を行うと登熟期間の葉身窒素含量は増加した。しかし、タカナリの葉身窒素含量が日本晴より低いという品種間の関係は変わらなかった。一方、登熟期間の乾物生産はタカナリが日本晴より多かった。すなわち、タカナリは葉身窒素含量が低かったが、葉身窒素含量あたりの乾物生産効率が高かった。

この要因の1つとして、タカナリは上位葉のSLW（比葉重）とSLN（単位葉面積あたりの窒素含量）が日本晴より高いことが示された。

出穂期のNSC含量と登熟期間の乾物生産量を合わせた利用可能な炭水化物量はタカナリが日本晴より多かった。1穎果あたりの利用可能な炭水化物量はタカナリが日本晴より少なかったが、登熟歩合に両品種間でそれほど差が見られなかったことから、タカナリでソースが不足するというよりも日本晴でソースが余りやすいことを示していると考えられた。利用可能な炭水化物の穂への移行率はタカナリが日本晴より高かった。タカナリの移行率が高いことは、穂重増加期間が長く、出穂後、より長い期間にわたって同化産物を利用したことが関係すると考えられた。穂重増加期間が長いことは、15Nを用いた試験の結果から、出穂後よりおそい時期に吸収した窒素を登熟に利用できることも関係していることが示された。

以上を整理すると、タカナリは穎果数と利用可能な炭水化物量が多く、シンク・ソース両面で日本晴より優れており、それぞれ、SPEと登熟期間の葉身窒素含量あたりの乾物生産効率が高いことが重要な役割を果たしていると考えられた。加えて、タカナリの収量が高いことは利用可能な炭水化物の穂への移行率が高いことが関係した。

穎果数と収量との間に両品種を含めた高い相関が見られた。このことから、基本的にソースに対してシンクが不足しやすく、シンクサイズの決定機構—およびそれと連動するソース供給力の変化—が収量形成過程で特に重要であると考えられた。一方、1穎果あたりの利用可能な炭水化物含量は穎果数と負の相関を示し、穎果数が増えつづけるといづれ収量はソースリミットになると考えられた。しかしながら、穎果数は出穂期の地上部窒素含量の増加にともない増加したものの、5万粒 $m^2$ を超えたあたりで停滞する傾向を示していた。すなわち、収量ポテンシャル付近では、シンクとソースのどちらも不足しやすいと考えられた。そこで、以上の結果をもとに、シンク・ソース関係からみたタカナリの収量ポテンシャルの制限要因についてさらに検討した。

1 穎果あたりの利用可能な炭水化物量と穎果数との関係からシンクとソースが一致するときの穎果数を計算したところタカナリが5.2万粒 $m^2$ 、日本晴が4.2万粒 $m^2$ となった。すなわち、タカナリが5.2

万粒 $m^2$ ，日本晴が4.2万粒 $m^2$ 以下ではシンクリミットになると考えられた。本研究で穎果数と収量が高い相関を示したことは，得られた穎果数がおよそこの中に含まれ，シンク容量よりも登熟に利用可能な炭水化物量が多くなっていたことが主要な原因と考えられた。しかし，5.2万粒 $m^2$ と4.2万粒 $m^2$ の穎果数はタカナリ，日本晴それぞれにおいてすでに達成されている。したがって，両品種の収量ポテンシャルはソースに制限されていると考えられた。タカナリにおいて5.2万粒 $m^2$ の穎果が全て登熟した場合，玄米収量は1045 g  $m^2$ となり，現在日本で得られているタカナリの収量の最大値とおよそ一致した。

実際に得られる収量は，シンクとソースのバランス以外に，利用可能な炭水化物の穂への移行率が関係する。ちょうどシンクとソースが量的に一致すると考えられた場合も，利用可能な炭水化物のうち7～13%が穂以外の器官に使われると推定された。利用可能な炭水化物の穂への移行率は穎果数とともに高まる関係が見られたことから，これを高めるためには，さらに多くの穎果が必要であると考えられる。また，上述したように，穂重増加期間が長いことも，利用可能な炭水化物の穂への移行率が高いことと関係した。面積あたりの穎果数と穂重増加期間との関係は明確ではなく，今後検討が必要である。

今後の多収化の方向性としては，ソースリミットと考えられたことから，まずソース能力を高めることが重要である。さらに，利用可能な炭水化物の移行率を高めるために，穎果数を増やすこと，または，穂の活性を長く維持し，穂重増加期間を伸ばすことが重要である。本研究において，出穂期追肥を行うと登熟期間の乾物生産量は増加したが，特にタカナリにおいても，増えた乾物の多くが収量増加に使われずに登熟後半に葉鞘・稈に蓄積された。日本晴と比べてタカナリが登熟能力を長く維持することができる要因を明らかにし，さらにこの形質を高めることで，葉鞘・稈に再蓄積される同化産物を利用し，収量を高めることが可能であると考えられた。