

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25850014

研究課題名(和文) イネの低投入型多収品種開発に向けた高窒素利用機構の解明

研究課題名(英文) Characterization of high nitrogen uptake and biomass production in rice using reciprocal chromosome segment substitution lines

研究代表者

荒井 裕見子 (Arai-Sanoh, Yumiko)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・次世代作物開発研究センター 稲研究領域・主任研究員

研究者番号：50547726

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：「コシヒカリ」(日本型普通品種)と「タカナリ」(インド型多収品種)の正逆染色体断片置換系統群を用いて、根系からの窒素吸収量と乾物生産量を評価し、高吸収および高生産性に関わる量的形質遺伝子座を検討した。その結果、コシヒカリ背景において、窒素吸収量と乾物生産量では第11染色体短腕側が候補領域と考えられた。一方、候補領域を狭めた系統群では、これらの形質に差が認められなかったことから、窒素吸収量と乾物生産量には複数の遺伝子座が関与する可能性が推察された。

研究成果の概要(英文)：The objectives of this study were to identify the Quantitative trait locus (QTL) related to the high nitrogen uptake and dry matter production in rice using reciprocal chromosome segment substitution line developed from Koshihikari and Takanari. The short arm of chromosome 11 of Takanari was estimated to be a candidate region for QTL related to the high nitrogen uptake and dry matter production in Koshihikari background. However, there were no significant differences between Koshihikari and its near-isogenic lines which have smaller substituted segments than that of the CSSL with the short arm of chromosome 11 in Koshihikari background. These results indicated that multiple loci might be related to nitrogen uptake and dry matter production.

研究分野：農学

キーワード：イネ 窒素吸収 乾物生産 染色体置換系統群

1. 研究開始当初の背景

米はアジアの重要な食用作物で、世界の米生産量の90%以上を生産している。アジアの米生産量は過去半世紀の間に約2.5倍に増加した (FAO 2007)。アジアの人口は今世紀も引き続き急激に増加すると予測されている。人口増に見合った米生産量の増加を達成していくためには、単収を増加させていくこと以外に道はなく、長期的な食料の安定供給は重要な課題である。併せて、イネは、米粉、飼料及びバイオマスエネルギー等にも利用が図られている。このようなイネの他用途利用においては、収量だけでなくバイオマス生産量も併せて増加させることが重要と考えられる。

これまで、日本では、窒素施用量の増加とともに、品種の耐肥性を改善してきたことで、過去100年で単収は約2.5倍となった。しかし近年では、水質汚染や資源の枯渇等の環境問題が深刻化し、農業においても低投入の実現が求められており、肥料を効率良く利用できる品種の開発が必須である。低投入栽培下において生産性を向上させる為には、「根系からの窒素吸収能」と「窒素利用効率 (吸収した窒素当たりのバイオマス生産量、あるいは収量)」の向上が重要となり、これらの高い品種の生態生理的特性の把握と、それに基づいた実用品種開発が求められている。

2. 研究の目的

我が国で近年育成された品種は、根系からの窒素吸収能や吸収した窒素の利用効率が高いことが報告されている。また、新品種の中でも特に、インド型の多収品種は、バイオマス生産量や収量が高く、根系からの窒素吸収能が高いとされている。

しかし、これまでの根系からの窒素吸収量や吸収した窒素の利用効率の検討は、前述したような品種比較の検討が多く、品種間差異の評価に留まることが多かった。また遺伝要因を明らかにする研究も、組換え自殖系統群 (RILs) を用いたようなプライマリーな量的形質遺伝子座 (QTL) 解析に留まっていた。RIL は、出穂期や稈長が大きく分離し、ターゲットとする形質の評価、及び QTL の同定にノイズが含まれる。

こうした現状を打破するために、日本型普通品種の「コシヒカリ」とインド型多収品種の「タカナリ」の正逆の染色体置換系統群 CSSLs が育成された (Takai et al., 2014)。CSSLs は、特定の領域以外の遺伝的背景は、親と同じであるため、効率的に精度良く形質評価や比較が可能である。水稻の地上部乾物重や収量に影響する窒素吸収や利用に関わる QTL 解析は、主に葉の光合成関連形質、根のグルタミン代謝等の窒素利用能の検討以外はほとんど行われていない。またこれらの多くが水耕栽培や幼植物での検討であり、圃場での収穫期における根からの窒素吸収能や吸収した窒素の利用効率を検討したも

のは数少ない。

そこで本研究課題では、(1) 高い窒素吸収能、窒素利用効率に関わる QTL を明らかにするため、「コシヒカリ」(日本型普通品種) と「タカナリ」(インド型多収品種) の正逆 CSSLs を用いて、根系からの窒素吸収能と吸収した窒素の利用効率 (吸収した窒素当たりのバイオマス生産量、あるいは収量)、乾物生産量を評価した。(2) (1) の結果から、高い窒素吸収能や窒素利用効率、乾物生産量を示す系統に関しては、これらを上げる要因を、地上部の乾物生産能及び地下部の根系分布や根量の両面より明らかにする。併せて、(3) 選抜系統の上記形質の QTL のみがインド型に置換した準同質遺伝子系統を用い、窒素吸収量と窒素利用効率、乾物生産性向上への効果を検証した。

3. 研究の方法

日本型普通品種の「コシヒカリ」とインド型多収品種の「タカナリ」の正逆の染色体置換系統群 CSSLs (コシヒカリ背景 41 系統、タカナリ背景 36 系統) (Takai et al., 2014)、候補系統に戻し交雑を行いその領域を狭めた準同質遺伝子系統 (6 系統) (福田ら 2014) を用いて、2 年間、茨城県つくばみらい市の農研機構次世代作物開発研究センター谷和原水田圃場にて栽培試験を行った。肥料は、牛糞堆肥と基肥として緩効性窒素肥料を用いた。N、P₂O₅、K₂O の成分で各、6、15、15 kg/10a を施用した。

収穫期に地上部乾物重と収量及び収量構成要素を調査した。また収穫期の植物体を葉、茎、穂に分解し、それぞれの窒素含有率を、窒素分析計 (NC アナライザー、SUMIGRAPH 社) で測定し、窒素吸収量を評価した。窒素吸収能が高い系統に関しては、各形質の年次変動を確認し、これらの高い要因を、根系分布や根量 (表層より 0 から 20 cm) (ライナー採土機、Daiki 社) (ルートスキャナー、リージェント社) から検討した。

また、窒素施肥量の違いによる乾物生産や窒素吸収量への反応性を検討するために、1 年間、窒素施肥量 (0、4、8、12 kg/10a) の異なるポット栽培試験、および同様の窒素施肥条件で、次世代作物開発研究センター谷和原水田圃場での栽培試験を行い、乾物生産量及び窒素吸収量、根分布や根量について検討した。

4. 研究成果

タカナリは、コシヒカリに比較して、2 年とも、収穫期地上部乾物重、植物体窒素含量が高かった (図 1)。コシヒカリ背景での収穫時地上部乾物重と植物体窒素含量は、コシヒカリよりそれぞれ有意 (以下 10% 有意水準) に高かった系統は、1 系統 (chr. 11 短腕側置換) のみだった (図 1)。

一方、タカナリ背景の収穫期の地上部乾物重と植物体窒素含量では、タカナリより有意

に高い系統は無く、コシヒカリ背景で有意だった領域を含むタカナリ背景側の系統は、登熟不良のため地上部乾物重が有意に小さかった(図2)。またコシヒカリ、タカナリ背景共に、収穫期の地上部乾物重が大きいほど植物体窒素含量が大きくなる傾向があった(不稔及び弱勢系統を除く)(図略)。このことから吸収した窒素当たりの乾物生産量(乾物への窒素利用効率)は、系統間差が小さいことが分かった。

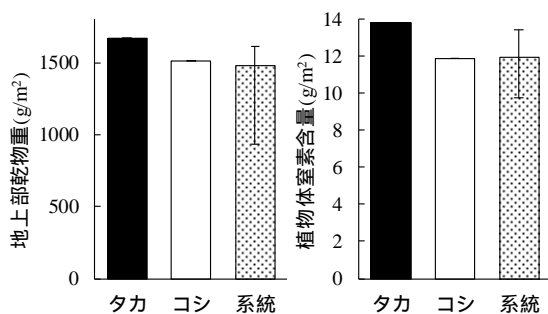


図1 収穫期地上部乾物重と植物体窒素含量(コシヒカリ背景) 系統は41系統の平均値を示す。縦棒の幅は、系統の最大値と最小値の幅を示す。

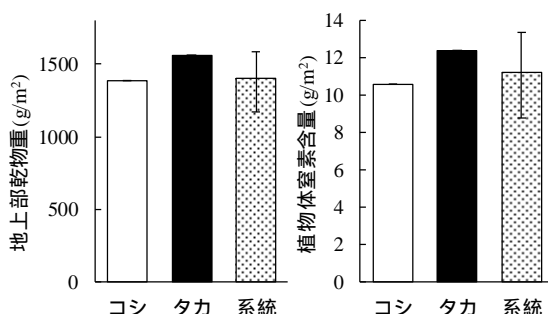


図2 収穫期地上部乾物重と植物体窒素含量(タカナリ背景) 系統は36系統の平均値を示す。縦棒の幅は、系統の最大値と最小値の幅を示す。

植物体窒素含量当たりの穂部の窒素含量(NHI)を検討したところ、タカナリは、コシヒカリに比較して、2か年ともNHIが高かった(図3)。しかしコシヒカリ背景とタカナリ背景でのNHIは、コシヒカリおよびタカナリより有意に高い系統は無かった。

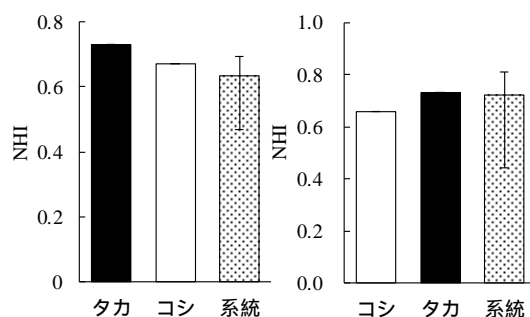


図3 植物体窒素含量当たりの穂部窒素含量(NHI)

左;コシヒカリ背景、右;タカナリ背景 縦棒の幅は、系統の最大値と最小値の幅を示す。

高い窒素吸収能には、根量や下層根割合が関係しているとされる。タカナリはコシヒカリに比べ、根量と下層根割合が高かった(図4)。コシヒカリ背景では、地上部乾物生産量および植物体窒素含量の高い傾向のあった1系統は、コシヒカリに比べてやや根量と下層根割合が多い傾向があったが有意ではなかった。

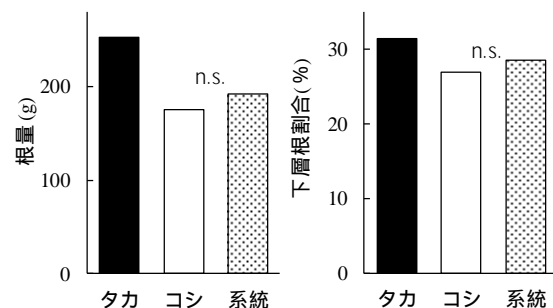


図4 根量と下層根割合(コシヒカリ背景) n.s.は、コシヒカリと有望1系統で有意差が無いことを示す。根量はコア当たりの全根量を示す。

以上のように、コシヒカリに適した土壌窒素条件下では、植物体窒素含量が増加したが、土壌窒素条件が異なる場合には、その効果が異なる事も考えられる。そこで、候補1系統について、様々な窒素条件下での植物体窒素含量を検討した。その結果、低土壌窒素条件から高土壌窒素条件の全ての土壌において、コシヒカリよりもやや植物体窒素含量が高い傾向があったものの、土壌窒素量の違いによる影響は無かった(図略)。

コシヒカリ背景で収穫時地上部乾物重と植物体窒素含量の高かった候補系統の染色体領域を狭めた6系統群で、これら2形質の比較を行った。しかし、収穫時地上部乾物重と植物体窒素含量がコシヒカリより有意に高くなる系統は無かった(図5)。

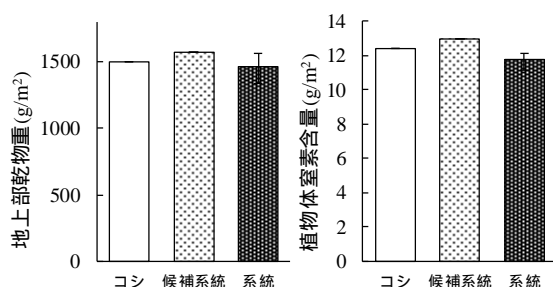


図 5 収穫期地上部乾物重と植物体窒素含量（コシヒカリ背景、染色体領域を狭めた 6 系統群）

候補系統は CSSLs の 1 系統、系統は候補系統の染色体領域を狭めた 6 系統群を示す。縦棒の幅は、系統の最大値と最小値の幅を示す。

乾物生産量や窒素吸収量のような農業形質の多くは、環境変動の影響を受けやすい形質のため、これらに關与する遺伝子座を同定することは、効率よく育種を進める上で重要であると考えられる。本研究では、乾物生産量と窒素吸収量では、コシヒカリ背景において、第 11 染色体短腕側が候補領域と考えられた。一方、この領域を狭めた系統群では、差が認められなかったことから、乾物生産量と窒素吸収量には、複数の遺伝子座が關与する可能性が推察された。

< 引用文献 >

Takai T. et al.、Genetic mechanisms underlying yield potential in the rice high-yielding cultivar Takanari, based on reciprocal chromosome segment substitution lines、BMC Plant Biology 14、2014、295
 福田篤徳ら、イネの葉面温度 QTL の染色体断片置換系統を用いたポット試験による特性評価、日本育種学会 第 125 回講演会、2014、P073

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒井 裕見子 (Arai-Sanoh, Yumiko)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・次世代作物開発研究センター
 稲研究領域・主任研究員

研究者番号：50547726