

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月20日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010年4月1日～2013年3月31日

課題番号：22780013

研究課題名(和文) イネの品種×水環境相互作用の解明による収量ポテンシャルの向上

研究課題名(英文) Improving the yield potential in by analyzing genotype by water environment interaction

研究代表者

桂 圭佑 (Keisuke KATSURA)

京都大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号：20432338

研究成果の概要(和文)：近年の研究から、イネの収量ポテンシャルの向上のためには水管理と品種、そしてそれらの相互作用が収量形成過程に及ぼす影響を理解することが不可欠であることが明らかになってきた。本研究では多様な遺伝子型の品種を水田と畑で栽培することで以下のことを明らかにした。イネの粒重を支配する要因である籾殻の大きさ、ソース能、シンク活性は全て畑区で高くなり、そのため、粒重は畑栽培によって増大できる。特に生殖成長期後半の水管理が粒重の増大には重要である。また、穎花生産能の高い品種は、シンクソースバランスを崩しやすくなるため、粒重が低下しうるが、旺盛なソース能がそれを補填し、高収量が期待できることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：It is quite important to understand the effect of water management, genotype and their interactions on yield formation to improve the yield potential. In the present study, rice varieties with various genotypic backgrounds were grown under aerobic and flooded rice culture. The rice plants grown under aerobic culture showed larger grain size and source ability and higher sink activity, resulted in larger grain weight. However, water deficit during late reproductive period reduced the grain size, while maintaining large source ability and high sink activity, resulted in small grain weight. The varieties with high spikelet production efficiency tend to deteriorate the sink-source balance, and excess spikelet production brought smaller grain weight. However, its large number of spikelets compensated the small grain size, which means that it is possible to achieve stable and high yield by using the varieties with high spikelet production efficiency under aerobic rice culture.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1400000	420000	1820000
2011年度	1000000	300000	1300000
2012年度	700000	210000	910000
年度			
年度			
総計	3100000	930000	4030000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：節水栽培, 水管理, 収量ポテンシャル, 畑栽培稲作, 粒重

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

世界的な水資源の枯渇を背景に、その栽培に他の穀物の 2~3 倍の水資源が使用されているイネでは、近年特に「節水」の必要性が叫ばれている。そのような背景の下、畑栽培稲作は大幅に水の投入量を節約できるとして、近年節水栽培稲作の有望な稲作体系の一つとして期待されている。しかし、これまでの節水栽培稲作の研究の焦点は、いかに水資源の利用効率を高めるのか、ということが中心であり、また、節水栽培条件下のイネの生態生理に関する研究はほとんど行われてこなかった。また、これまでの多くの研究では、節水栽培により、効率的な水資源の利用が実現できていても、収量の絶対値が湛水栽培イネのものよりも低下することが多く、「節水」と「多収」の両立は困難だと考えられていた。

しかし、研究代表者らが近年行った研究によると、畑栽培稲作のイネの生産力は湛水栽培のそれを上回ることがあり、また、投入水量も大幅に節約できることが実証された。このことは、「節水」と「多収」の両立が可能ということを示しているだけでなく、イネの収量ポテンシャルが必ずしも湛水条件で発揮されるわけではないということを示しており、節水栽培イネや多収イネの研究をさらに進めるには、イネの収量形成に及ぼす品種×水環境相互作用の理解の深化が不可欠であることを示している。

これまでの研究により、節水栽培稲作での多収要因は、旺盛な窒素吸収と、生育後半までの日射利用効率によってもたらされていたことが明らかになった。また、収量形成過程については、籾数が生殖成長期の窒素吸収と乾物生産によって決定されることが明らかになった。しかし、節水栽培条件下のイネ粒重の支配要因についてはまだ明らかになっておらず、また、節水栽培稲作で安定的に多収を実現するのに必要なイネが具備すべき条件も未だ明らかになっていない。

### 2. 研究の目的

上述の背景のもと、本研究ではまずイネの粒重形成過程に及ぼす水管理×環境の相互作用を解明することで、粒重の支配要因の解明を試みた。また、これまでの節水栽培での多収イネに関する知見を統合することで、節水栽培条件下でのイネの安定多収に必要なイネの遺伝的特徴の解明を試みた。

### 3. 研究の方法

①イネの粒重の支配要因に及ぼす品種×水環境相互作用の解明

供試品種：ササニシキ、ハバタキ、タカナリ、IRAT109

栽培環境：湛水区と畑区の 2 処理（畑区は地下 20cm の水ポテンシャルの値が $-20\text{kPa}$ を下回らないように適宜灌水）

②節水栽培条件下でのイネの安定多収に必要な遺伝的特徴の解明

供試品種：ササニシキ、ハバタキ、ササニシキにハバタキの染色体断片を導入した染色体部分置換系統群（CSSLs）39 系統

栽培環境：水田区（常時湛水）と畑区（地下 20cm の水ポテンシャルの値が $-20\text{kPa}$ を下回らないように適宜スプリンクラーで灌水）の 2 処理

調査項目：

①イネの粒重の支配要因に及ぼす品種×水環境相互作用の解明

土壌水ポテンシャルの推移、収量および収量構成要素、粒重増加速度、籾殻の大きさの測定（出穂 5 日後に籾殻の断面をスキャナで取り込み画像解析をした）、登熟期間中の胚乳内スクロースシンターゼ活性の測定、根の活性の測定（根の $\alpha$ ナフチルアミン酸化力）

②節水栽培条件下でのイネの安定多収に必要な遺伝的特徴の解明

土壌水ポテンシャルの推移、収量および収量構成要素

### 4. 研究成果

①イネの粒重の支配要因に及ぼす品種×水環境相互作用の解明

比較的水分条件がよかった 2009 年度にはイネの粒重には有意な品種×水環境相互作用が認められた。つまりササニシキとハバタキではそれぞれ 6%と 12%、粒重が畑区で高くなったのに対し、ハバタキとタカナリではそれぞれ 4%と 10%、畑区の粒重が湛水区よりも小さくなった（表 1）。一方で、生殖成長期後半に比較的強い乾燥ストレスが生じた 2010 年度は、粒重に有意な水環境の効果と品種×水環境相互作用は認められなかった。

表 1. 各水環境における各品種の粒重

	2009		2010	
	水田区	畑区	水田区	畑区
ササニシキ	21.7	23.0	20.1	20.4
ハバタキ	22.2	21.2	19.2	19.0
タカナリ	24.6	22.1	20.3	21.1
IRAT109	30.9	34.9		
平均	<b>24.8</b>	<b>25.3</b>	<b>19.8</b>	<b>20.2</b>
分散分析				
水環境	NS		NS	
品種	1.2		0.66	
品種×水環境	1.7		NS	

イネの粒重は玄米へと炭水化物を引き込む力（シンク活性，本研究では玄米スクロースシンターゼをその指標とした），玄米に送ることのできる炭水化物の量（ソース能，本研究では登熟期間中の乾物増加量と出穂期に茎葉部に蓄積されている非構造化炭水化物量の輪をその指標とした），籾殻の大きさ（シンクサイズ）で決定されるが，年次，品種によらず，玄米中のスクロースシンターゼ活性は畑区の値は水田区の値と同様もしくは高く推移する傾向にあった（図 1）。

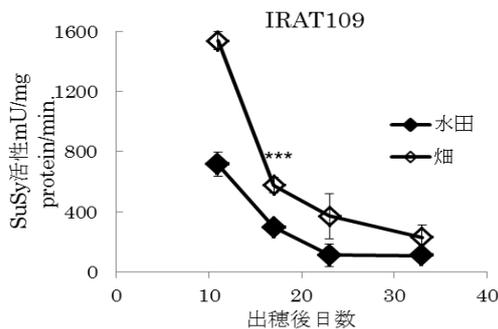


図 1：胚乳内のスクロースシンターゼ活性の推移（2009 年度 IRAT109 の例）

根の活性は両年とも生育期間を通じて畑区で高く推移しており，これが胚乳内のスクロースシンターゼ活性を高めていたと考えられた。また，個体あたりのソース能も両年とも品種によらず畑区で高くなる傾向にあった。これは，畑区での高い根の活性と旺盛な窒素吸収に起因していると考えられる。しかし，籾あたりのソース能に換算すると，穎花生産効率の高いハバタキとタカナリでは，畑区よりも水田区の値が高くなっていった。籾殻の大きさも，ササニシキと IRAT109 では畑区で大きくなっており，ササニシキと IRAT109 は，粒重の支配要因のいずれの要素も畑区で高い値を取っていた。このことは，養水管理を良好にすれば，節水区の粒重は大きくなりうることを示している。一方で，タカナリとハバタキでは籾殻の大きさもや

や畑区で小さくなっていった。タカナリやハバタキといった穎花生産効率の高い品種は，節水区での旺盛な窒素吸収により，過剰の穎花を生産しすぎることによって，相対的なソース不足が生じており，その結果粒重が小さくなっていったと考えられた。

生殖成長期後半に比較的強い乾燥ストレスがあった 2010 年度も，ソース能とシンク活性は畑区でも高く保たれていた。しかし，籾殻の大きさは畑区で小さくなっており，これが粒重を制限していたと考えられた。生殖成長期後半は，籾殻が一気に形成される時期であり，この時期の乾燥ストレスは粒重に大きな影響を与えることが明らかとなり，同時期の水管理の重要性が示された。

②節水栽培条件下でのイネの安定多収に必要な遺伝的特徴の解明

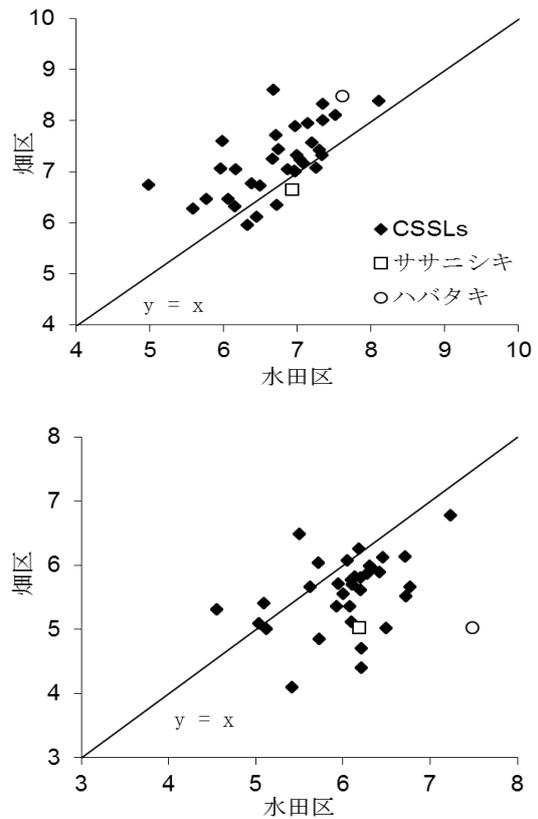


図 2. ササニシキ，ハバタキ，CSSLs の水田区と畑区での収量の関係（上，2009 年度，下，2011 年度）

比較的水分条件がよかった 2009 年度には，ササニシキでは水田区と畑区の収量に大きな差異がなかったのに対し，多くの CSSLs とハバタキでは収量が畑区で高くなった（図 2）。一方で，生殖成長期後半に比較的強い乾燥ストレスが生じた 2011 年度には多くの CSSLs での収量が畑区よりも水田区で高くなったが，多くの CSSLs の収量の水田区に対する畑区の比はササニシキよりも大きくなった。な

お、2009年は乾燥ストレスによりハバタキのみ大幅に出穂期が遅延し、それによって畑区での収量が大幅に低下した。

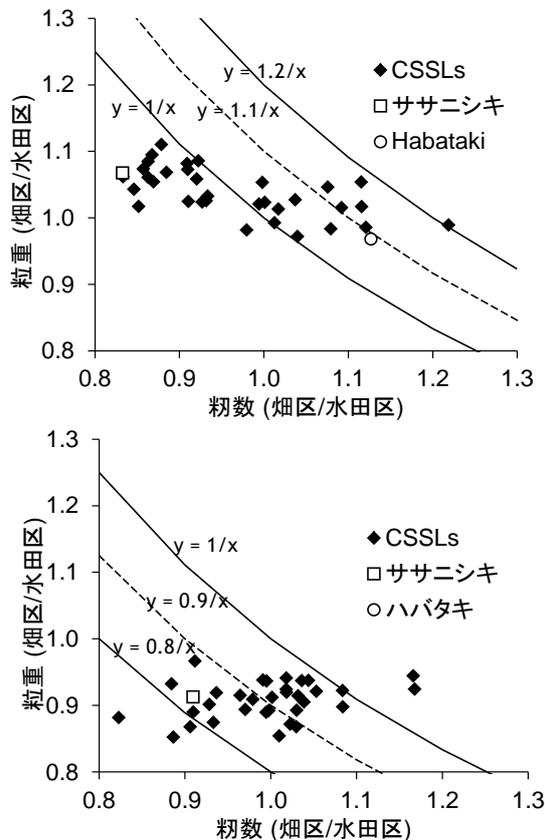


図 3. 供試系統の水田区における籾数対する畑区における籾数の比と水田区における粒重に対する畑区における粒重の比の関係。(上, 2009 年度, 下, 2011 年度)

これまでの研究から、ハバタキは吸収窒素あたりの分化穎花能が高く、本研究でも窒素吸収が旺盛になる畑区では籾数を増加させる傾向にあった。一方でササニシキは吸収窒素あたりの分化穎花能が高くないため、水田区と畑区の間で籾数には大きな差がなかった。また、ハバタキの染色体断片をササニシキに導入した多くの CSSLs で、水田区と比較して畑区で籾数を増加させていた (図 3)。また、畑区での旺盛な物質生産能力は、増加した穎花に対し、比較的十分な炭水化物を供給できており、粒重も水田区と比較して、多くの系統でむしろ増加する傾向にあった。これらのことは、多収が期待できる畑栽培稲作では、吸収窒素あたりの分化穎花能が高い品種を導入することで、安定的に高収量が期待できることを示している

## 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 3 件)

- ① Katsura K., Y. Nakaide. 2011. Factors that determine grain weight in rice under high-yielding aerobic culture: the importance of husk size. *Field Crops Res.* 123, 266-272.
- ② Kato Y., A. Henry, D. Fujita, K. Katsura, R. Serraj, N. Kobayashi. 2011. Physiological characterization of introgression lines derived from an indica rice cultivar, IR64, adapted to drought and water-saving irrigation. *Field Crops Res.* 123, 130-138.
- ③ Katsura K. 2013. Agronomic traits for high productivity of rice grown in aerobic culture in progeny of a japonica cultivar and a high-yielding indica cultivar. *Plant Prod. Sci.* in press.

[学会発表] (計 6 件)

- ① 中出幸絵・桂圭佐 2010. シンクソースバランスに着目した畑栽培におけるイネの収量制限要因の解析. 日本作物学会第 230 回講演会 (2010.9.4.~5, 北海道大学) 日作紀 79(別 2), 28-29.
- ② Kato Y., K. Katsura, D. Fujita, A. Henry, N. Kobayashi, R. Serraj. 2010. Aerobic rice culture for adaptation to water scarcity in irrigated rice production. 3rd International Rice Congress (Nov. 8-12, 2010, Hanoi, Vietnam). Published on CD-ROM.
- ③ Katsura K., Y. Nakaide. 2010. QTL Analysis for increasing rice yield under aerobic environment. 3rd International Rice Congress (Nov. 8-12, 2010, Hanoi, Vietnam). Published on CD-ROM.
- ④ 桂圭佐・中出幸絵 2011. 多収畑栽培におけるイネの粒重支配要因の解析. 日本作物学会第 231 回講演会. 日作紀 80(別 1), 6-7.
- ⑤ 桂圭佐 2012. ササニシキ/ハバタキ染色体断片置換系統群を用いたイネの多収畑栽培適応性の評価. 日本作物学会第 233 回講演会 (2012.3.29~30, 東京農工大学) 日作紀 81(別 1), 238-239.
- ⑥ 桂圭佐 2013. 超多収栽培ならびに節水栽培におけるイネ多収要因の解明. 日本作物学会第 233 回講演会 (2013.3.29~30, 東京農工大学) 日作紀 81(別 1), 526-529.

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

桂 圭佑 (Keisuke KATSURA)

京都大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号：20432338